

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DANIEL DE ALENCASTRO BOUCHARDET

IMPACTO DO FUNDO AMAZÔNIA NO DESMATAMENTO DA AMAZÔNIA
LEGAL BRASILEIRA.

CURITIBA

2016

DANIEL DE ALENCASTRO BOUCHARDET

**IMPACTO DO FUNDO AMAZÔNIA NO DESMATAMENTO DA AMAZÔNIA
LEGAL BRASILEIRA.**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Romano Timofeiczuk Júnior
Co-orientador: Prof. Dr. Alexandre Porsse

CURITIBA
2016

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Bouchardet, Daniel de Alencastro

Impacto do fundo Amazônia no desmatamento da Amazônia Legal brasileira
/ Daniel de Alencastro Bouchardet. – Curitiba, 2016.
69 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Romano Timofeiczky Júnior

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Alves Porsse

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências
Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa:
Curitiba, 23/03/2016.

Área de concentração: Economia e Política Florestal.

1. Desmatamento – Amazônia Legal. 2. Política florestal. 3. Economia
florestal. 4. Teses. I. Timofeiczky Júnior, Romano II. Porsse, Alexandre Alves. III.
Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.461(811.34)

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **DANIEL DE ALENCASTRO BOUCHARDET**, intitulada: "**IMPACTO DO FUNDO AMAZÔNIA NO DESMATAMENTO DA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA.**", após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação.

Curitiba, 23 de Março de 2016.



Prof ROMANO TIMOFEICZYK JUNIOR (UFPR)
(Presidente da Banca Examinadora)



Prof JOÃO BATISTA PADILHA JUNIOR (UFPR)



Prof TERCIANE SABATINI CARVALHO (UFPR)



DEDICATÓRIA

Aos meus avós.

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores, Romano e Alexandre, minha família e amigos pelo suporte e companhia.

RESUMO

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar o efeito do Fundo Amazônia sobre a redução do desmatamento na Amazônia Legal utilizando técnicas de econometria espacial com dados de desmatamento municipal durante o período entre 2002 e 2013. Para tal, primeiro foi avaliado o comportamento da correlação espacial do desmatamento com um indicador global (I de Moran) e um local (I de Moran Local). Para a avaliação do efeito do Fundo Amazônia, foram estimados modelos de painel espacial (*Spatial Autoregressive Model* e *Spatial Error Model*), controlando o desmatamento por preços de produtos agrícolas. Os resultados mostraram que o desmatamento possui correlação espacial durante todo o período analisado e o Fundo Amazônia foi efetivo em evitar o desmatamento nos municípios que atuou. O teste placebo para controle de viés de auto seleção mostra que o Fundo reduziu, em média, 1.590 km² de desmatamento ao ano desde o início de sua atuação.

Palavras-chave: Painel Espacial, I de Moran, Fundo Amazônia, avaliação de política.

ABSTRACT

This work investigates the contribution of Amazon Fund to the reduction of deforestation in Legal Amazon with spatial econometrics techniques and data about municipal deforestation between 2002 and 2013. For this purpose, first the spatial correlation was investigated by a global (Moran's I) and local (Local Moran's I) perspective. In order to evaluate the Amazon Fund impact in deforestation, two spatial panel models were estimated (Spatial Autoregressive Model e Spatial Error Model), both controlling deforestation by agriculture and cattle output prices. Results show that spatial correlation of deforestation holds during all the considered period and that Amazon Fund contributed to deforestation reduction in municipalities where it acted. The placebo test conducted to control for selection bias suggests that the Amazon Fund reduced, on average, 1,590 km² of deforestation by year since its creation.

Keywords: Spatial Panel, Moran's I, Amazon Fund, policy evaluation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Histórico do Desmatamento anual, em km ² , na Amazônia Legal..	14
Figura 2: Correlação especial, medida pelo I de Moran, para o desmatamento na Amazônia Legal. y é o desmatamento municipal, ϕ a taxa de desmatamento municipal e ζ a taxa de desmatamento acumulada.....	37
Figura 3: Análise I de Moran Local do desmatamento anual (y). áreas vermelhas mostram <i>clusters</i> alto-alto, azuis baixo-baixo, roxas baixo-alto e amarelas alto-baixo. áreas brancas são resultados não significativos com 5% de significância e cinzas foram desconsideradas da amostra.....	40
Figura 4: Análise I de Moran Local da taxa de desmatamento anual (ϕ). áreas vermelhas mostram <i>clusters</i> alto-alto, azuis baixo-baixo, roxas baixo-alto e amarelas alto-baixo. áreas brancas são resultados não significativos com 5% de significância e cinzas foram desconsideradas da amostra.	41
Figura 5: Análise I de Moran Local taxa acumulada de desmatamento anual (ζ). áreas vermelhas mostram <i>clusters</i> alto-alto, azuis baixo-baixo, roxas baixo-alto e amarelas alto-baixo. áreas brancas são resultados não significativos com 5% de significância e cinzas foram desconsideradas da amostra.	42
Figura 6: Simulação da área desmatada com um cenário sem a atuação do fundo amazônia.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Variáveis utilizadas para estimação dos modelos não espaciais e espaciais.....	33
Tabela 2: Efeito do fundo amazônia no desmatamento estimado por modelo de efeito fixo.	46
Tabela 3: Resultados do I de Moran para os resíduos da regressão do modelo de efeito fixo.....	46
Tabela 4: Efeito do fundo amazônia no desmatamento estimado com o modelo espacial de efeito fixo com a especificação SAR.....	47
Tabela 5: Efeito do fundo amazônia no desmatamento estimado com o modelo espacial de efeito fixo com especificação SEM.....	48
Tabela 6: Efeito de defasagens de preços e desmatamento com modelos espaciais de especificações SAR e SEM.	50
Tabela 7: Teste de robustez do resultado do efeito do fundo amazônia sobre o desmatamento estimada com painel espacial de especificação SAR para simulação placebo.	52
Tabela 8: Efeito da defasagem de preços em um período estimado com modelo de efeito fixo e especificação SAR.....	66
Tabela 9: Efeito da defasagem de preços em um período estimado com modelo de efeito fixo e especificação SEM.	67
Tabela 10: Resultado do efeito placebo estimado com modelo de efeito fixo e especificação SAR.	68
Tabela 11: Resultado do efeito placebo estimado com modelo de efeito fixo e especificação SEM.	69

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
2.	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo geral	12
2.2	Objetivos específicos	12
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1	Amazônia Legal	13
3.2	Causas do Desmatamento na Amazônia	14
3.3	Políticas para Redução do Desmatamento	16
3.4	Fundo Amazônia	18
3.5	Desmatamento e Processos Espaciais	20
3.6	Análise Exploratória de Dados Espaciais	21
3.7	Painéis Espaciais	22
4.	MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1	Área e Período do Estudo	26
4.2	Dados e variáveis	26
4.2.1	Desmatamento	26
4.2.2	Preços	27
4.2.3	Fundo Amazônia	28
4.2.4	Matriz de Ponderação Espacial	29
4.3	Análise Exploratória de Dados Espaciais	29
4.3.1	Variáveis	29
4.3.2	Métodos	31
4.3.2.1.	Análise Global	31
4.3.2.2.	Análise Local	31
4.4	Modelos	32
4.4.1	Variáveis	32
4.4.2	Modelo em Painel	33
4.4.3	Modelos de Painel Espacial	34
4.4.3.1.	<i>Spatial Auto Regressive Model (SAR)</i>	34
		9

4.4.3.2.	<i>Spatial Error Model (SEM)</i>	35
4.4.3.3.	Hipóteses, Limitações e Teste Adicionais	35
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1	Correlação Espacial do DEsmatamento	37
5.2	Análise Espacial Local do Desmatamento	39
5.3	Modelos	45
5.3.1.1.	Dependência Espacial	48
5.3.1.2.	Preços	49
5.3.1.3.	Fundo Amazônia	51
6.	CONCLUSÕES	55
7.	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	56
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
	APÊNDICE	66

1. INTRODUÇÃO

As consequências do desmatamento envolvem a emissão de gases de efeito estufa, impactos nos recursos hídricos e perda de biodiversidade da região. Durante a década de 90, a Amazônia brasileira apresentou grandes áreas desmatadas. Devido à importância do bioma amazônico e a importância que assuntos ambientais ganharam após as Conferências Climáticas da Organização das Nações Unidas, o governo brasileiro programou diversas ações para reduzir o desmatamento na Amazônia Legal desde 2004.

Uma dessas ações foi a criação do Fundo Amazônia em 2009 e que está operante até o presente. Este Fundo possui como objetivo reduzir as taxas de desmatamento no Brasil de forma consistente e contínua e contribuir para a redução da emissão de gases de efeito estufa. O Fundo opera com captação de recursos por doações e apoia projetos que contribuam na redução do desmatamento por meio de financiamentos não reembolsáveis. Até o final de 2014, o Fundo recebeu 2 bilhões de reais como doação, a grande maioria proveniente do governo norueguês.

A elaboração de avaliações enquanto o programa ainda está em operação (avaliação *ex-post* de percurso) pode apresentar problemas como falta de dados ou horizonte de tempo curto para a análise. Ainda assim, tais análises geram resultados para embasar ações futuras e contribuir com aperfeiçoamento das ações correntes. Como o Fundo Amazônia opera com doações e financiamentos não reembolsáveis, resultados sobre a efetividade devem conduzir à melhor gestão de recursos financeiros. Portanto, o objetivo central deste trabalho foi analisar o efeito dos projetos apoiados pelo Fundo Amazônia sobre o desmatamento nos municípios da Amazônia Legal.

Com uma abordagem econométrica espacial, este trabalho trata duas questões principais. Primeiro, a relevância da espacialidade do desmatamento para o desenho de mecanismos para redução da área desmatada. Depois, o efeito do Fundo Amazônia utilizando dados secundários e uma abordagem empírica.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do trabalho foi analisar o impacto do Fundo Amazônia sobre as taxas de desmatamento municipais na Amazônia Legal entre os anos 2010 e 2013.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar o grau de correlação espacial do desmatamento na Amazônia Legal entre 2002 e 2013;
- Analisar a dinâmica da distribuição espacial do desmatamento na Amazônia Legal entre 2002 e 2013;
- Estimar a redução da área desmatada nos municípios que possuíram projetos apoiados pelo Fundo Amazônia entre 2010 e 2013.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 AMAZÔNIA LEGAL

A Amazônia Legal, instituída em 1959, possui área total de 5 milhões de km² e ocupa 59% do território brasileiro. Cobre 772 municípios de nove estados: Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e parte do estado do Maranhão¹ (IPEA, 2008; IBGE, 2015). A vegetação é predominada por formações de floresta tropical, com áreas de savana nos estados Maranhão, Mato Grosso, Pará e Tocantins (IBGE, 2002).

Em 2011, aproximadamente 15% da Amazônia Legal havia sido convertida em áreas de pastagem ou de agricultura, sendo que a principal atividade na região é a pecuária e as áreas destinadas para cultivo agrícola possuem cultivos anuais – arroz, feijão, milho, soja, algodão – ou perenes – café, cacau, pimenta do reino (MAY; MILLIKAN; GEBARA, 2011). Os estados Mato Grosso, Pará e Rondônia possuem 75% do rebanho total da Amazônia Legal (IBGE/PPM, 2015). Sobre a produção agrícola, a soja e o milho são os principais cultivos, representando cerca de 80% da área plantada com cultivos anuais e perenes. Em 2013, foram colhidos 13,7 milhões de hectares de soja e milho na Amazônia Legal, sendo 85% produzidos no Mato Grosso, maior Estado produtor de soja do Brasil (IBGE/PAM, 2015).

Historicamente, o desenvolvimento na Amazônia Brasileira foi pautado na conversão de áreas florestais em áreas de cultivo agrícola e pecuária (DENNIS; VAN RIPER; WOOD, 2011). Fearnside (2008) descreve três fases do processo de desmatamento. Durante a primeira fase, a vegetação original é removida para determinar a posse da terra, preparando a propriedade para a venda e especulação sobre o preço da terra. Na segunda fase, pequenos fazendeiros adquirem as terras desmatadas e decidem sobre o uso do solo baseados em características regionais e preços dos produtos e da terra. A terceira fase é caracterizada pela transição da propriedade da terra de pequenos fazendeiros para grandes produtores, com alto investimento em capital e tecnologia. Relacionado com este processo, De Souza, Miziara e Marco Junior (2013) mostraram que ocorre maior desmatamento em áreas com maior densidade de propriedades privadas. Durante as últimas décadas, a

¹ A oeste do meridiano 44° Oeste.

pressão para alteração do uso do solo de áreas florestais se concentrou na região conhecida como “Arco do Desmatamento”. Esta abrange desde o sudeste do Maranhão, os estados do Tocantins, Pará, Mato Grosso e Rondônia, até o sudeste do Acre (MAY, MILLIKAN & GEBARA, 2011).

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) monitora as taxas de desmatamento por corte raso na Amazônia Legal desde 1988, com o projeto PRODES (INPE, 2015). Desde 2004, o desmatamento apresentou diminuição média de 11% ao ano (Figura 1). Em 2004, foram desmatados 27 mil km² na Amazônia Legal e, em 2014, a área desmatada somou 5 mil km² (INPE/PRODES, 2015).

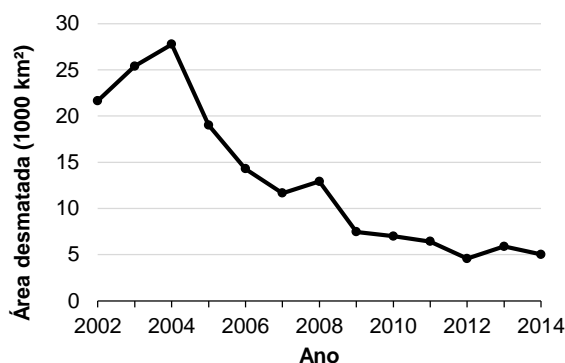


FIGURA 1: HISTÓRICO DO DESMATAMENTO ANUAL, EM KM², NA AMAZÔNIA LEGAL.
FONTE: O AUTOR (2016) COM BASE EM INPE/PRODES (2015).

Da mesma forma que a produção agropecuária, o desmatamento está concentrado em alguns estados da Amazônia Legal, sendo que, desde 2006, o Pará é o estado que mais contribui para o desmatamento. Em 2014, 38% do desmatamento total ocorreu no Pará, 21% no Mato Grosso, 14% em Rondônia e 10% no Amazonas (INPE/PRODES, 2015).

3.2 CAUSAS DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA

As consequências da perda de vegetação nativa, como a perda de biodiversidade, degradação do solo e alterações no clima, aumentou a preocupação do Estado brasileiro e de pesquisadores sobre as causas e formas de controle do desmatamento. Desde a década de 90, o número de publicações sobre esse tema

cresceu e a maioria dos modelos econômicos sobre desmatamento foi elaborada durante as décadas de 80 e 90 (KAIMOWITZ; ANGELSEN, 1998).

O benefício de usos alternativos do solo é um dos principais fatores para ocorrência do desmatamento em florestas tropicais, havendo um *trade-off* entre o ganho com o desmatamento e a conservação de áreas com florestas. Dessa forma, o desmatamento é o resultado da busca por maior ganho econômico (BARBIER; BURGESS, 1997; BARBIER; BURGESS, 2001; BARBIER; BURGESS; GRANGER, 2010; PIAZZA; ROY, 2015). De acordo com Araujo et al (2009), a região amazônica apresenta problemas sobre a segurança da posse da terra e a produção agropecuária é uma forma de remunerar a terra e garantir sua posse.

Na América Latina, a produção agrícola é uma das principais causas do desmatamento, sendo este correlacionado com os preços do boi-gordo e da soja (BARONA et al., 2010; EWERS; LAURANCE; SOUZA JR., 2008). Características regionais intrínsecas apresentam efeito sobre a área desmatada, como a topografia (ANDAM et al., 2008; CHOMITZ; GRAY, 1996), vegetação (CHOMITZ; THOMAS, 2003), regime pluviométrico (CHOMITZ; THOMAS, 2003; LAURANCE et al., 2002) e características edáficas (PFAFF; SANCHEZ-AZOFEIFA, 2004). Esses fatores influenciam os custos e ganhos da produção agropecuária e podem restringir ou aumentar a conversão de áreas florestais.

O mesmo processo ocorre na Amazônia Brasileira e os preços dos produtos agropecuários condicionam a expansão do desmatamento (ÂNGELO; PEREIRA DE SÁ, 2007; FEARNSSIDE, 2008; GEIST; LAMBIN, 2002; MARGULIS, 2004; MORTON et al., 2006; RIVERO et al., 2009; VERBURG et al., 2014). Então, modelos para avaliar o efeito de políticas de redução do desmatamento utilizam os preços dos produtos agropecuários como controle da área desmatada (ASSUNÇÃO; GANDOUR; ROCHA, 2012; ASSUNÇÃO et al., 2013; HARGRAVE; KIS-KATOS, 2013).

Fatores estruturais também são apontados como determinantes do desmatamento. Combes Motel, Pirard e Combes (2008) listam o desenvolvimento econômico e ciclos macroeconômicos, o crescimento demográfico e eventos climáticos. Outros fatores listados na literatura são a expansão da infraestrutura, a estrutura agrária e o aumento da população (GEIST; LAMBIN, 2002; DE SOUZA,

MIZIARA; MARCO JUNIOR, 2013; ÂNGELO; PEREIRA DE SÁ, 2007; LAURANCE *et al.*, 2002).

A região amazônica apresenta a rede fluvial mais extensa do país e a malha viária da região é reduzida, com uma pequena fração composta por rodovias pavimentadas (BRASIL/PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2008a). Contudo, a presença de estradas é apontada em diversos trabalhos como determinante do desmatamento ou por facilitar o acesso da população à áreas anteriormente remotas ou por diminuir o custo de transporte da produção, aumentando a margem do ganho financeiro (ÂNGELO; PEREIRA DE SÁ, 2007; BOUCHARDET *et al.*, 2014; CHOMITZ; GREY, 1996; FEARNSIDE, 2008; GEIST; LAMBIN, 2002; LAURANCE *et al.*, 2002; MARGULIS, 2004; PFAFF *et al.*, 2007; WEINHOLD; REIS, 2008).

O papel de fatores institucionais também foi explorado na literatura. Por exemplo, maior qualidade institucional, como a presença de uma secretaria do meio ambiente, contribui para o controle do desmatamento (DELAZERI, 2014). Andam *et al.* (2008) mostraram que a presença de Unidades de Conservação contribuiu para a redução do desmatamento histórico na Costa Rica.

3.3 POLÍTICAS PARA REDUÇÃO DO DESMATAMENTO

A importância do bioma Amazônia, juntamente com a importância que questões ambientais ganharam desde o início das conferências climáticas da Organização das Nações Unidas, incentivou o governo brasileiro a programar diversas ações para reduzir o desmatamento na Amazônia Legal (MAY; MILLIKAN; GEBARA, 2011). Neste contexto, a criação do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), instituído em 2004, foi um marco para as políticas de controle do desmatamento na Amazônia (ASSUNÇÃO; GANDOUR; ROCHA, 2012).

A coordenação do PPCDAm é composta pelos titulares de 15 ministérios, do Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República e da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Sua atuação contempla (i) ordenamento fundiário e territorial; (ii) monitoramento e controle ambiental; (iii) fomento às atividades produtivas sustentáveis. Devido à dinâmica dos fatores que afetam o desmatamento, o PPCDAm passou por três fases desde sua criação. A

primeira (2004-2008) teve foco no primeiro eixo de atuação do Plano, com a criação de 250 mil km² de Unidade de Conservação e 100 mil km² de terras indígenas. Durante a segunda fase, entre 2009 e 2011, foi reforçado o monitoramento de atividades de desmatamento. Neste período, a utilização do Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real na Amazônia (DETER) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais permitiu a ação integrada entre o IBAMA², Polícia Federal, Polícia Rodoviária Federal, Força Nacional de Segurança Pública e o Exército Brasileiro para fiscalização do desmatamento. O principal objetivo da terceira fase, planejada para o período entre 2012 e 2015, é o desenvolvimento sustentável da região (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2013).

Em 2007, foi aprovado o decreto presidencial nº 6.321, que impôs ao Ministério do Meio Ambiente a responsabilidade de criar uma lista anual com os municípios considerados de risco para o desmatamento na Amazônia. A seleção dos municípios é feita com base em indicadores do desmatamento municipal (BRASIL/PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2007).

Em 2008, foram estabelecidos três mecanismos para controle do desmatamento na Amazônia. O primeiro, a resolução nº 3.545 do Conselho Monetário Nacional, estabeleceu exigência obrigatória da comprovação de regularidade ambiental para financiamento agropecuário no Bioma Amazônia (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2008). Em maio de 2008, foi lançado o Plano Amazônia Sustentável (PAS) com o objetivo de promover o desenvolvimento sustentável na Amazônia brasileira. O PAS contempla cinco principais eixos de ação: (i) produção sustentável com tecnologia avançada; (ii) novo padrão de financiamento; (iii) gestão ambiental e ordenamento territorial; (iv) inclusão territorial e cidadania; (v) infraestrutura para o desenvolvimento (BRASIL/PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2008a). Em dezembro de 2008, o Comitê Interministerial sobre Mudanças do Clima oficializou o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). Em complemento ao objetivo principal de redução das emissões de gases de efeito estufa, um dos objetivos deste Plano é a redução do desmatamento na Amazônia Legal, tendo como referência a média do desmatamento anual entre 1996 e 2005. O Governo Brasileiro se comprometeu com uma redução de 40%, entre 2006 e 2010, em relação ao período de referência, e duas reduções subsequentes, de 30% cada,

² Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

nos dois quadriênios seguintes, relativamente aos quadriênios anteriores (BRASIL/COMITÊ INTERMINISTERIAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA, 2008).

O efeito de algumas dessas políticas já foi investigado na literatura. Assunção, Gandour e Rocha (2012) mostraram que o PPCDAm foi efetivo para a redução do desmatamento na Amazônia. Também foi verificado que o aumento do monitoramento da Amazônia e, conseqüentemente, maior frequência de aplicações de multas por desmatamento ilegal reduziu a área desmatada (ASSUNÇÃO; GANDOUR; ROCHA, 2013; HARGRAVE; KIS-KATOS, 2013). Por último, a restrição de crédito para alguns municípios, imposta pela resolução nº 3.545, reduziu o desmatamento, principalmente onde a pecuária é principal atividade (ASSUNÇÃO *et al.*, 2013).

3.4 FUNDO AMAZÔNIA

O Fundo Amazônia foi instituído pelo decreto nº 6.527, de 1º de agosto de 2008, em concordância com os princípios do PPCDAm e do PAS. O objetivo do Fundo é reduzir as taxas de desmatamento no Brasil, de forma consistente e contínua, e contribuir para a redução da emissão de gases de efeito estufa, por meio de captação de doações e financiamentos não reembolsáveis de diversos projetos. A principal área de abrangência do Fundo é a Amazônia Legal, mas até 20% dos recursos captados podem ser utilizados para apoiar projetos em outros biomas brasileiros ou em áreas com florestas tropicais de outros países (BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2010). O decreto de criação do Fundo Amazônia define sete áreas temáticas para os projetos apoiados (BRASIL/PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2008b):

- Gestão de florestas públicas e áreas protegidas;
- Controle, monitoramento e fiscalização ambiental;
- Manejo florestal sustentável;
- Atividades econômicas e sustentáveis a partir do uso sustentável da floresta;
- Zoneamento ecológico-econômico, ordenamento territorial e regularização fundiária;
- Conservação e uso sustentável da biodiversidade;

- Recuperação de áreas desmatadas.

A gestão do Fundo Amazônia é de responsabilidade do Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que deve captar recursos, gerir a aplicação dos recursos financeiros, acompanhar e monitorar as iniciativas apoiadas, prestar contas e comunicar resultados. As diretrizes e critérios de aplicação dos recursos são de responsabilidade do Comitê Orientador do Fundo Amazônia (COFA), que possui representantes dos governos federal e estadual e da sociedade civil. A secretaria executiva do COFA é atribuída ao BNDES (BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2010).

Podem solicitar apoio de projetos os governos federal, estadual e municipal, empresas (públicas ou privadas), o terceiro setor, ONGs ou organizações internacionais. Os projetos devem estar de acordo com as diretrizes impostas pelo COFA, com as políticas operacionais do BNDES, comprovar redução no desmatamento e estar enquadrado em uma ou mais áreas temáticas. Para a contratação do projeto, tanto a instituição requerente e o projeto são analisados, considerando aspectos técnicos, operacionais, jurídicos e institucionais por unidades do BNDES (BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2010).

Entre 2009 e 2013, as doações feitas ao Fundo Amazônia somaram R\$ 1,68 bilhões. O maior doador foi o governo da Noruega, responsável por aproximadamente 98% das doações. O restante foi doado pelo governo alemão e a empresa Petrobrás. No mesmo período, foram utilizados R\$ 223 milhões para apoiar 48 projetos com diversas abrangências territoriais. A maior parte do apoio foi direcionada a projetos de Monitoramento e Controle (BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2014).

Os projetos apoiados são acompanhados desde o pedido do apoio até a conclusão com o objetivo de prevenir problemas operacionais de execução. A equipe de gestão do Fundo Amazônia monitora a implementação, execução e declarações financeiras (BANCO NACIONAL DO DESENVOLVTIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2010).

3.5 DESMATAMENTO E PROCESSOS ESPACIAIS

Robalino e Pfaff (2012) consideram que a decisão sobre desmatamento é afetada pela decisão sobre o nível de produção agrícola ou de conservação de florestas de um vizinho, baseado nos conceitos de complementariedade estratégica e substitutibilidade estratégica descritas por Cooper e John (1988). A complementariedade estratégica na produção agrícola ocorre quando os produtores agem em grupo para ganho na escala de produção, ganhando poder de mercado para compra de insumos ou venda dos produtos e menores custos de transporte, aumentando a área de cultivo e a pressão para a conversão de áreas com vegetação nativa. Por outro lado, em um mercado competitivo pode ocorrer substitutibilidade estratégica sobre decisões da quantidade produzida. Se regiões vizinhas aumentam a produção, a maior oferta pode causar diminuição dos preços locais. Dessa forma, tal aumento ou expectativa de aumento da oferta diminui o incentivo para aumento da produção em outras localidades. Tal interação entre vizinhos, dada pela complementariedade ou substitutibilidade, colabora para a presença de correlação espacial do desmatamento.

Haining (2003, p. 21) define quatro categorias de processos espaciais que operam no espaço geográfico: (i) difusão; (ii) dispersão (iii) troca e taxa de transferência; (iv) interação. A difusão ocorre quando um atributo é atribuído pela população e, em algum momento, é possível identificar os indivíduos (ou áreas) que possuem o atributo. Ao contrário da difusão, que ocorre quando o atributo espalha, o processo de dispersão consiste do movimento da população. O terceiro processo é referente aos gastos entre regiões e fluxos de produção. O último processo ocorre quando a renda de uma localidade influencia e é influenciada pela renda de outra localidade.

Sob outra abordagem, Le Sage e Pace (2009) expõem motivações para a utilização de modelos espaciais. Por exemplo, a presença de dependência temporal entre regiões, que ocorre quando agentes econômicos são influenciados pelas decisões passadas dos agentes de regiões vizinhas. Ainda, o tratamento espacial pode solucionar problemas que surgem ao omitir variáveis relevantes, porém não observáveis, como acessibilidade e relações com vizinhos. Outro fator apontado pelos autores é a presença de heterogeneidade espacial, em que a distribuição

espacial das regiões influencia os efeitos intrínsecos de cada região. Por último, a presença de externalidades, em que uma característica específica de um vizinho influencia a variável na região, causa processos espaciais que devem ser considerados.

A interação entre vizinhos sobre o processo de produção agrícola descrita por Robalino e Pfaff (2012) ou a heterogeneidade espacial apontada por Le Sage e Pace (2009) são exemplos de processos que sugerem a presença de correlação espacial no desmatamento.

Características regionais influenciam o desmatamento por alterarem a rentabilidade de usos alternativos do solo (BARBIER; BURGESS, 1997; BARBIER; BURGESS, 2001; ANDAM *et al.*, 2008; CHOMITZ; GRAY, 1996; CHOMITZ; THOMAS, 2003; LAURANCE *et al.*, 2002; PFAFF; SANCHEZ-AZOFEIFA, 2004; PFAFF *et al.*, 2007). Portanto, a heterogeneidade das características regionais condiciona a ocorrência do desmatamento e colabora para a presença de correlação espacial.

Robalino e Pfaff (2012) mostraram presença de interação entre vizinhos em florestas tropicais na Costa Rica. Para a Amazônia brasileira, Hargrave e Kis-Katos (2013) encontraram dependência espacial para o desmatamento e Rosa *et al.* (2013) constataram a existência de efeito de contágio, em que regiões próximas de áreas já desmatadas apresentam maior probabilidade de serem desmatadas.

3.6 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS

A Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) é um conjunto de técnicas que permitem a visualização do padrão de distribuição dos dados espaciais, com o objetivo de conhecer melhor os dados e servir de ponto de partida para a análise econométrica. As técnicas permitem análises globais ou locais. Análises globais testam o grau de agrupamento do conjunto de dados; análises locais permitem avaliar o comportamento de cada localidade do conjunto de dados. Ambas podem ser aplicadas em análises univariadas ou bivariadas (ALMEIDA, 2012; MARANDUBA JÚNIOR, 2007).

Dentre as análises globais, a estatística I de Moran testa a aleatoriedade da distribuição dos dados no espaço e indica o grau de associação linear dos valores

(ALMEIDA, p. 106, 2012). Valores positivos do I de Moran significam que uma região que possui alto (baixo) valor da variável tende a estar circundada por regiões que também apresentam altos (baixos) valores. Este é o padrão esperado quando há a ocorrência de efeito de contágio ou efeito de transbordamento do fenômeno em estudo. Por outro lado, resultados negativos do I de Moran indicam dissimilaridade entre os valores e a distribuição espacial: uma região com alto (baixo) valor tende a estar rodeado por regiões que exibem baixos (altos) valores. Em resumo, valores positivos do I de Moran indicam concentração dos dados, enquanto que valores negativos, dispersão. Quanto mais próximo de um, mais forte a concentração espacial; e quanto mais próximo de menos um, maior a dispersão dos dados (ALMEIDA, p. 108, 2012).

O I de Moran Local é um indicador de associação espacial local. Os valores significativos dessa estatística são classificados em quatro categorias: alto-alto (AA), baixo-baixo (BB), baixo-alto (BA) e alto-baixo (AB). Os *clusters* AA e BB indicam regiões com similaridade entre os vizinhos, ou seja, localidades que possuem alto (baixo) valor estão circundadas por regiões com altos (baixos) valores. Por outro lado, as categorias BA e AB indicam dissimilaridade entre localidades e, portanto, essas regiões são compostas por localidades com alto (baixo) valor que se encontram circundadas por localidades com baixos (altos) valores (ALMEIDA, p. 128, 2012).

As técnicas de AEDE já foram utilizadas em diversas áreas de estudo. Stampe, Porsse e Portugal (2011) utilizaram essas técnicas para análises de demografia e desenvolvimento, Maranduba Júnior (2007) para crescimento econômico e Gray (2011) para determinação de preços de imóveis.

3.7 PAINÉIS ESPACIAIS

Para caracterizar um painel, as variáveis coletadas devem ser referentes às mesmas unidades de corte transversal ao longo do tempo e, portanto, dados em painel apresentam duas dimensões: série temporal e corte transversal (WOOLDRIDGE, p. 444, 2012). A utilização destes dados apresenta diversas vantagens em relação à utilização de séries temporais ou corte transversal. A presença de duas dimensões permite a agregação de mais informação sobre o

fenômeno estudado e eleva o número de graus de liberdade e, conseqüentemente, a eficiência do estimador. Além disto, dados em painel apresentam maior variação e menor colinearidade³ entre as variáveis. Por último, ao trabalhar com modelos de efeitos fixos, as conseqüências sobre as propriedades dos estimadores causadas por omissão de variáveis relevantes são reduzidas, já que há controle dos efeitos não observáveis e invariantes no tempo, desde que estes não estejam relacionados com as outras variáveis explicativas do modelo (ALMEIDA, p. 408, 2012).

A principal característica de modelos espaciais é a dependência entre os valores observados em uma região e os valores observados nos vizinhos dessa região. Desta forma, o fenômeno analisado apresenta multidirecionalidade, em que os valores observados em diferentes regiões são inter-relacionados (LE SAGE; PACE, p. 2, 2009). A estimação de modelos que incorporam tal multidirecionalidade apresenta dificuldades, considerando o elevado número de parâmetros que devem ser estimados e, conseqüentemente, a possível falta de graus de liberdade. Para contornar este problema, a solução é agregar os componentes espaciais em apenas uma variável, utilizando o conceito de defasagem espacial (ALMEIDA, p. 23, 2012). Uma estratégia é a especificação da matriz de ponderação espacial, em que cada conexão entre regiões é especificada em uma célula desta matriz (ALMEIDA, p. 75, 2012).

A matriz de ponderação espacial é quadrada, com dimensão $n \times n$, em que n é o número de localidades analisadas. Os valores desta matriz sugerem a relação espacial entre as regiões. Para determinar tal relação espacial podem ser adotados critérios geográficos - contigüidade ou distância – ou socioeconômicos (ALMEIDA, p. 76, 2012). A escolha da matriz de ponderação espacial deve considerar as características do fenômeno estudado, conforme Almeida (2012). De acordo com o mesmo autor, é necessário evitar configurações que capturem baixa correlação espacial, caso contrário, as defasagens espaciais podem ser medidas incorretamente.

Modelos espaciais podem ser divididos em duas categorias: alcance global e alcance local. Em modelos com alcance global, o impacto sobre a variável dependente é transmitido para todas as regiões da área de estudo. Por outro lado, em modelos com alcance local, o impacto sobre a variável dependente é transmitido

³ Relação linear entre os regressores (GUJARATI, p. 343, 2003).

somente para os vizinhos mais próximos, *i. e.*, os vizinhos diretos e os vizinhos dos vizinhos (ALMEIDA, 2012).

Dentre os modelos de alcance global estão as especificações denominadas Modelo de Defasagem Espacial (SAR⁴) e Modelo de Erro Autoregressivo Espacial (SEM⁵). A especificação do modelo SAR apresenta a variável dependente defasada espacialmente como regressor e permite a avaliação de dois tipos de efeitos: direto e indireto. A soma dos dois efeitos é o efeito total. O efeito direto mensura o impacto da variável na localidade *i* sobre a própria localidade *i*, enquanto que os efeitos indiretos informam a influência agregada de todos os transbordamentos espaciais, ou seja, o efeito do valor da variável nas localidades vizinhas na localidade *i* e o efeito do valor da variável da localidade *i* em seus vizinhos (ATELLA *et al.*, 2014; LE SAGE; PACE, p. 37, 2009).

No modelo SEM, a defasagem espacial é inserida no termo de erro. A interpretação geral deste modelo é que o padrão espacial manifestado no erro ocorre por choques espacialmente correlacionados e que não estão especificados no modelo por falta de medida adequada. É importante ressaltar que esses efeitos não especificados não podem estar correlacionados com os regressores do modelo. No modelo SEM, a variável dependente é influenciada por choques em qualquer localidade e o alcance do choque é global. A intensidade da propagação do choque é determinada pelo multiplicador espacial e a intensidade diminui à medida que fica mais distante do epicentro, uma vez que o módulo do coeficiente da defasagem espacial é menor que um. Um choque na região *i* afeta os vizinhos e os vizinhos dos vizinhos por conta da relação implícita na matriz de ponderação espacial e, eventualmente, voltará a afetar a região *i* com intensidade amortecida (ALMEIDA, p. 162, 2012).

Pela incorporação das relações multidirecionais em modelos espaciais, a estimação via Mínimos Quadrados Ordinários pode gerar inconsistência dos parâmetros, dos parâmetros espaciais e dos erros-padrão (LE SAGE e PACE, p. 61, 2009; ALMEIDA, p. 187, 2012). Entretanto, modelos com efeito fixo que utilizam painéis espaciais podem ser estimados via Máxima Verossimilhança (ALMEIDA, p. 419, 2012). Assim, o coeficiente de determinação R^2 não é apropriado para medir o

⁴ *Spatial Autoregressive Model*

⁵ *Spatial Error Modelo*

grau de ajuste do modelo, sendo recomendada a utilização do valor da função de verossimilhança (ALMEIDA, p. 209, 2012).

A abordagem espacial é utilizada em diversos assuntos na literatura, como estudos sobre desemprego, criminalidade, preços de imóveis, gastos com saúde (ATELLA *et al.*, 2014). Na literatura sobre desmatamento de florestas tropicais, Robalino e Pfaff (2012) mostraram que o processo de desmatamento apresenta correlação espacial. Ainda, Hargrave e Kis-Katos (2013), utilizando dados em painel para a Amazônia Brasileira, encontraram coeficientes espaciais significativos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA E PERÍODO DO ESTUDO

Foram analisados os 760 municípios dos nove Estados que compõem a Amazônia Legal brasileira, durante o período entre 2002 e 2013. O início do período considerado foi limitado pela disponibilidade de dados de desmatamento municipal. Apesar de haver dados para períodos anteriores, estes não devem ser comparados com as informações disponíveis para depois de 2002 porque estão agregadas nos dados de 2001 (ROSA, SOUZA JR. & EWERS, 2012).

4.2 DADOS E VARIÁVEIS

4.2.1 Desmatamento

Os dados de desmatamento anual por município são gerados pelo projeto PRODES do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A metodologia do projeto PRODES estima o desmatamento por corte raso na Amazônia a partir de imagens de satélites com resolução de 6,25 ha. A medição do desmatamento no ano t ocorre entre 1º agosto do ano $t-1$ e 31 de julho do ano t (ano florestal), porque a estação seca, período com maior frequência de imagens sem cobertura de nuvens, ocorre entre junho e setembro (CÂMARA, VALERIANO & VIANEI, 2006).

A base de dados do desmatamento é disponibilizada eletronicamente no *site* do INPE (INPE/PRODES, 2015). O INPE não mensura o desmatamento em áreas cobertas por Cerrado, portanto a amostra considerada somou 633 municípios dentre os 760 municípios da Amazônia Legal.

O INPE disponibiliza a área coberta por nuvens. A cobertura por nuvens de algumas áreas pode causar erros de medida na estimativa do desmatamento. Dessa forma, a área coberta por nuvens foi incorporada em todas as configurações de modelos estimados como variável de controle para erros de medida.

4.2.2 Preços

Os preços do boi-gordo, da soja e do milho foram utilizados para controlar o desmatamento municipal. O preço do boi-gordo foi utilizado porque a pecuária é a atividade mais comum em áreas desmatadas (MAY, MILLIKAN & GEBARA, 2011). Os preços da soja e milho foram utilizados porque a área plantada com essas culturas representou 90% da área plantada total na região em 2013 (IBGE/PAM, 2015). Os preços foram coletados para o período entre 2000 e 2013.

A produção agropecuária local afeta os preços agrícolas e do boi-gordo, à medida que há alterações na oferta dos produtos. Dessa forma, os preços agrícolas e do boi-gordo são endógenos à produção agropecuária local (ASSUNÇÃO, GANDOUR & ROCHA, 2012). A estratégia adotada por Assunção, Gandour e Rocha (2012) para utilizar um indicador exógeno dos preços na região Amazônica foi a estimação do modelo com os preços praticados no estado do Paraná, justificada pela alta correlação entre os preços exógenos e locais. A Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Paraná (SEAB) disponibiliza a série mensal dos preços do boi-gordo, soja e milho recebidos pelo produtor (SEAB/PR, 2015).

Para a entrada nos modelos, os preços foram anualizados de acordo com o ano florestal do INPE. Com a série histórica mensal da SEAB, foi calculada a média aritmética simples do preço de cada produto entre os meses agosto do ano $t-1$ e julho do ano t . Os preços anualizados foram deflacionados, com base no início do ano 2000 do calendário florestal do INPE, utilizando o Índice Nacional de Preços ao Consumido Amplo (IPCA), disponibilizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEADATA, 2015), com o procedimento da Equação 1.

$$P_r = \frac{i_b}{i_c} * P_n \quad (1)$$

Onde,

P_r = preço real;

i_b = índice IPCA no ano base;

i_c = índice IPCA no ano corrente;

P_n = preço nominal.

Para evitar colinearidade no modelo, foi elaborado um índice de base fixa para cada município com os preços reais da soja e do milho, seguindo a fórmula do Índice de Laspeyres exibida na Equação 2 (PINDYCK & RUBINFELD, p. 85, 2006). Para o cálculo deste índice, são necessários os preços e as quantidades produzidas. A medida utilizada para a quantidade produzida foi a área colhida de soja e milho, disponibilizada na Pesquisa Agrícola Municipal (IBGE/PAM, 2015).

$$I_{t,t+s}^m = \frac{\sum_{i=1}^n P_{i,t+s} \times Q_{i,t}}{\sum_{i=1}^n P_{i,t} \times Q_{i,t}} \quad (2)$$

Onde,

I = índice de preços agrícolas;

P = preço real;

Q = quantidade produzida.

O sobescrito m refere-se ao município e os subscritos i e t ao produto e período, respectivamente.

4.2.3 Fundo Amazônia

O Fundo Amazônia financia projetos com diferentes abrangências territoriais, desde todo território da Amazônia Legal até municípios específicos. A primeira contratação de projeto ocorreu em 2010. Para isolar o efeito dos projetos nos municípios que tiveram atuação do Fundo, foram considerados projetos com abrangência regional, incluindo aqueles que cobrem partes de estados ou municípios específicos, entre 2010 e 2013. Uma variável *dummy* indica o período de atuação do projeto no município, assumindo o valor um. Para a construção dessa variável foi considerado o ano florestal, utilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais para a estimativa do desmatamento. A data de contratação dos projetos é disponibilizada na carteira de projeto do Fundo Amazônia (FUNDO AMAZÔNIA/CARTEIRA DE PROJETOS, 2015).

4.2.4 Matriz de Ponderação Espacial

A seleção da matriz de ponderação espacial (W) é abrangente. Dentre as principais conformações geográficas estão as matrizes que consideram a relação de contingência, a distância entre as unidades geográficas ou os k vizinhos mais próximos (ALMEIDA, p. 76, 2012). Como citado anteriormente, a base original do INPE com 760 municípios foi reduzida para 633 municípios. Tal característica da base de dados implica que alguns municípios se tornem “ilhas”, ou seja, não apresentem fronteira física com seus vizinhos. Para contornar tal problema, foi adotada a configuração com k vizinhos mais próximos, mesmo procedimento adotado por Carvalho e Almeida (2010). Foram testadas matrizes considerando entre 2 e 6 vizinhos, por conta da distribuição de frequências da quantidade de vizinhos na região, e adotado o critério sugerido por Almeida (2012), selecionando a configuração que maximizou a dependência espacial.

A estimação de modelos espaciais é robusta para diferentes configurações de matrizes. Le Sage e Pace (2014) mostram que a correlação entre duas matrizes de k vizinhos mais próximos é alta considerando números próximos de vizinhos e as inferências dos modelos não sofrem prejuízos se a variação no número de vizinhos é baixa.

4.3 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS

4.3.1 Variáveis

Para abordar a dinâmica espacial do desmatamento foram utilizadas três variáveis. A primeira representa o desmatamento anual municipal (y_{it}), medido em quilômetros quadrados (km^2), que é comumente utilizado para avaliar o nível de desmatamento na região e definir as áreas críticas de degradação ambiental, como o Arco do Desmatamento. A segunda e a terceira variáveis foram construídas na forma de taxas, que permitem avaliar a dinâmica espacial do desmatamento. Os procedimentos de cálculo são apresentados a seguir:

$$\varphi_{it} = \frac{y_{it}}{S_i} \quad (3)$$

e

$$\zeta_{it} = \frac{\sum_{t=1}^T y_{it}}{S_i} \quad (4)$$

Onde:

φ = taxa anual de desmatamento;

ζ = taxa acumulada de desmatamento;

y_{it} = desmatamento municipal em km²;

S_i = área total em km².

Os subscritos i e t são referentes ao município e ao período, respectivamente. Os dois índices foram calculados para o período entre 2002 e 2013.

A motivação para utilização de três variáveis é capturar diferentes aspectos para implicações sobre políticas de redução do desmatamento. Por um lado, o desmatamento anual indica regiões que mais contribuem para o desmatamento agregado. Por outro lado, as taxas indicam regiões que sofreram maior degradação florestal – em termos de conversão de áreas com florestas tropicais. Ainda, a utilização da taxa acumulada do desmatamento (Equação 4) é uma tentativa de capturar um comportamento de maximização dos agentes que alteram o uso do solo. Espera-se que esta taxa apresente taxa de crescimento positiva e, à medida que o desmatamento cresce e áreas florestais se tornam mais escassas, a taxa de crescimento diminui e o índice aproxima de seu valor máximo porque ou não há mais áreas desmatáveis ou toda área florestal remanescente é protegida por lei.

4.3.2 Métodos

4.3.2.1. Análise Global

A abordagem global foi feita com o cálculo do I de Moran para cada variável. Este índice testa a aleatoriedade da distribuição dos dados no espaço (ALMEIDA, p. 106, 2012) e é calculado por:

$$\Lambda = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} * z_i * z_j}{\sum_{j=1}^n z_i^2} \quad (5)$$

Onde,

Λ = I de Moran;

w = matriz de ponderação espacial;

z = variável de interesse padronizada;

Os subscritos i e j referem-se aos municípios.

Quando calculado para cada ano, o I de Moran permite avaliar a dinâmica da dependência espacial, ao menos sob uma perspectiva global. Este indicador assume valores, em módulo, entre zero e um. Valores positivos indicam concentração dos dados, enquanto que valores negativos, dispersão. Quanto mais próximo de um, mais forte é a concentração espacial e quanto mais próxima de menos um, maior é a dispersão dos dados (ALMEIDA, p. 108, 2012).

4.3.2.2. Análise Local

A análise local foi feita com o cálculo da estatística I de Moran Local, calculada de acordo Anselin (1995) por:

$$L = z_i \sum_{j=1}^j w_{ij} z_j \quad (6)$$

Onde,

L = estatística I de Moran Local;

w = matriz de ponderação espacial;

z = variável de interesse padronizada;

Os subscritos i e j referem-se às regiões.

Por ser baseado em variáveis padronizadas com o desvio da média, o teste de significância da estatística I de Moran Local é feito com a comparação entre o valor calculado e a média de toda a região de estudo. O nível de significância adotado foi 5% e os resultados foram submetidos a um teste de robustez com 10.000 permutações. Os resultados significativos do I de Moran Local foram organizados em um mapa de *clusters* classificados em quatro categorias: alto-alto (AA), baixo-baixo (BB), baixo-alto (BA) e alto-baixo (AB). Os *clusters* AA e BB indicam regiões em que há similaridade entre os vizinhos; as categorias BA e AB indicam dissimilaridade entre vizinhos (ALMEIDA, p. 128, 2012).

4.4 MODELOS

4.4.1 Variáveis

Foram estimados modelos em painel e painel espacial, ambos de efeito fixo, com 633 municípios da Amazônia Legal para o período entre 2002 e 2013, totalizando 7.596 observações.

O modelo de efeito fixo foi escolhido porque a amostra é formada por todos os municípios da Amazônia Legal e por controlar efeitos não observados, invariantes no tempo e não correlacionados com as variáveis explicativas. Como citado na seção 2.1, diversos fatores estruturais são apontados na literatura como determinantes do desmatamento, como população, infraestrutura, rodovias, clima, relevo ou características edáficas. Entretanto, durante o período estudado, tais fatores estruturais exibem pequena variação em nível municipal e são capturadas pelos efeitos fixos de municípios e tempo (ASSUNÇÃO, GANDOUR & ROCHA, 2012). As variáveis utilizadas para os modelos estão listadas na Tabela 1.

TABELA 1: VARIÁVEIS UTILIZADAS PARA ESIMACÃO DOS MODELOS NÃO ESPACIAIS E ESPACIAIS.

Variável	Descrição	Fonte dos dados
Regressando		
y_{it}	Desmatamento municipal	INPE
Regressores		
α_i	Efeito fixo dos municípios	
θ_t	Tendência temporal	
$Nuvem_{it}$	Área de cobertura de nuvens	INPE
P_{it}	Preços reais do boi-gordo	SEAB/PR
I_{it}	Índice de preços agrícolas elaborado pelo autor	SEAB/PR e IBGE/PAM
$Fundo_{it}$	Variável <i>dummy</i> que assume o valor 1 se há projeto apoiado no município i no ano t	
W_{ij}	Matriz de ponderação espacial	

Os subscritos i e j referem-se aos municípios e o subscrito t , ao período do tempo.

4.4.2 Modelo em Painei

A estimação em painei foi feita com um modelo de efeito fixo com erro-padrão robusto por *cluster* e controle de efeitos temporais. A especificação do modelo de efeito fixo é:

$$y_{it} = \alpha_i + \varphi_t + \beta_1 * Nuvem_{it} + \beta_2 * P_{it}^B + \beta_3 * P_{it}^A + \beta_4 * Fundo_{it} + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

Apesar do corte de espécies florestais afetar diretamente áreas com vegetação nativa, as imagens de satélite utilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais possuem resolução de 6,25 hectares e não detectam desbastes seletivos de espécies florestais (CÂMARA, VALERIANO & VIANEI, 2006). Portanto, indicadores sobre o mercado de madeira local não foram incluídos no modelo.

Para testar a necessidade de incorporação do componente espacial no modelo foi testada a correlação espacial dos resíduos da regressão. Caso exista tal correlação, a omissão do componente espacial pode causar viés nos estimadores devido à omissão de variável relevante (ALMEIDA, p. 31, 2012; GUJARATI, p. 511, 2003).

4.4.3 Modelos de Painel Espacial

A estimação dos painéis espaciais foi via Máxima Verossimilhança (MV) com a rotina XSMLE desenvolvida por Belloti, Hughes e Mortari (2013) para o software Stata 10. Foram estimados modelos de efeitos fixos com erros padrão robustos por *cluster* e o indicador do grau de ajuste desses modelos é o valor da função de verossimilhança (ALMEIDA, p. 209, 2012).

Os dois modelos espaciais estimados possuem alcance global. Nesta classe de modelos, um impacto na variável dependente na localidade i é propagado para todas as outras localidades, por meio da relação explicitada na matriz de ponderação espacial (ALMEIDA, p. 152, 2012).

4.4.3.1. *Spatial Auto Regressive Model* (SAR)

A especificação do modelo SAR é expressa na Equação 8:

$$y_{i,t} = \rho * W y_{it} + \alpha_i + \varphi_t + \beta_1 * Nuvem_{i,t} + \beta_2 * P_{it}^B + \beta_3 * P_{it}^A + \beta_4 * Fundo_{it} + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

Esta especificação difere do modelo não espacial pela presença da defasagem espacial da variável dependente. O parâmetro ρ é o coeficiente auto regressivo espacial e W é a matriz de ponderação espacial. Um valor positivo de ρ indica autocorrelação global positiva: um choque no desmatamento em localidades vizinhas provoca um choque no mesmo sentido na região i . Por outro lado, um valor negativo de ρ significa que um choque em localidades vizinhas afeta a localidade i com sentido inverso do original (ALMEIDA, p. 153, 2012).

Modelos SAR capturam efeitos direto e indireto. O efeito direto é o impacto da variável na localidade i sobre a mesma localidade. Os efeitos indiretos informam a influência agregada de todos os transbordamentos espaciais, ou seja, o efeito do valor das variáveis nos vizinhos sobre a localidade i e o efeito da localidade i em seus vizinhos. O efeito total é igual à soma do efeito direto e indireto (ATELLA *et al.*, 2014; LE SAGE & PACE, p. 37, 2009).

4.4.3.2. *Spatial Error Model* (SEM)

A especificação do modelo SEM é expressa nas Equações 9 e 10:

$$y_{it} = \alpha_i + \varphi_t + \beta_1 * Nuvem_{it} + \beta_2 * P_{it}^B + \beta_3 * P_{it}^A + \beta_4 * Fundo_{it} + \xi_{it} \quad (9)$$

$$\xi_{it} = \lambda W \xi_{it} + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

Em modelos SEM, o padrão espacial, medido pelo multiplicador espacial (λ), ocorre por conta de choques espacialmente correlacionados e não especificados no modelo. Por conta do alcance global, a variável y é influenciada por choques em qualquer localidade. A intensidade da propagação do choque é determinada por λ e é inversamente proporcional à distância do epicentro, uma vez que $|\lambda| < 1$. Portanto, um choque na região i afeta os vizinhos e os vizinhos dos vizinhos por conta da relação implícita em W e, eventualmente, volta a afetar a região i com intensidade amortecida (ALMEIDA, p. 162, 2012).

4.4.3.3. Hipóteses, Limitações e Teste Adicionais

Ao controlar pelos preços dos produtos agrícolas, da pecuária, erros de medida, tendências de tempo e características municipais, a hipótese dos modelos é que o coeficiente β_4 seja estatisticamente significativo e menor que zero. Dessa forma, os projetos apoiados pelo Fundo Amazônia contribuiriam para a redução do desmatamento, apresentando o efeito esperado. Adicionalmente, nos modelos espaciais, há a hipótese que o coeficiente espacial (ρ no modelo SAR e λ no modelo SEM) seja significativo e maior que zero e os efeitos de transbordamento seguem o mesmo sentido do choque inicial.

Foram testadas especificações com uma defasagem temporal dos preços agropecuários. A decisão dos produtores sobre a quantidade produzida pode ser baseada em preços históricos, além dos preços correntes. O plantio da soja e do milho ocorre entre setembro e dezembro e a colheita entre janeiro e maio do ano seguinte. Portanto, os preços do primeiro semestre do ano devem influenciar a decisão sobre o tamanho da área cultivada, plantada entre setembro e dezembro. Como as variáveis de preços utilizadas foram anualizadas de acordo com o ano

florestal, entre julho e agosto, os preços do ano florestal $t-1$ podem estar correlacionados com o desmatamento do ano t . A defasagem do preço do boi foi testadas para capturar efeitos cíclicos da pecuária.

A estimação eficiente do efeito do Fundo Amazônia é limitada por viés associado a auto seleção no critério de inserção da variável *dummy*, se a implementação de projetos for correlacionada com o nível de desmatamento municipal ou com características não especificadas no modelo e expressas no efeito fixo dos municípios ou no resíduo. Ainda, há possibilidade de endogeneidade causada por causalidade reversa, em que os projetos do Fundo seriam influenciados pelo nível de desmatamento municipal. Para tentar contornar estes problemas, foi realizado um teste placebo com a variável do Fundo. Neste trabalho, foram considerados os projetos do Fundo Amazônia que atuaram nos municípios entre 2010 e 2013. A simulação foi elaborada de forma que os projetos tivessem a mesma duração no período imediatamente anterior, entre 2006 e 2009, e nos primeiros anos do período considerado no trabalho, entre 2002 e 2005. Assim, foi verificado se os municípios com projetos já apresentavam tendência de diminuição do desmatamento antes da atuação do Fundo Amazônia.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CORRELAÇÃO ESPACIAL DO DESMATAMENTO

Os resultados do I de Moran mostram que há correlação espacial para as três variáveis (Figura 2). Valores positivos indicam que regiões com alto (baixo) desmatamento possuem vizinhos com alto (baixo) desmatamento e, portanto, o desmatamento apresenta concentração regional.

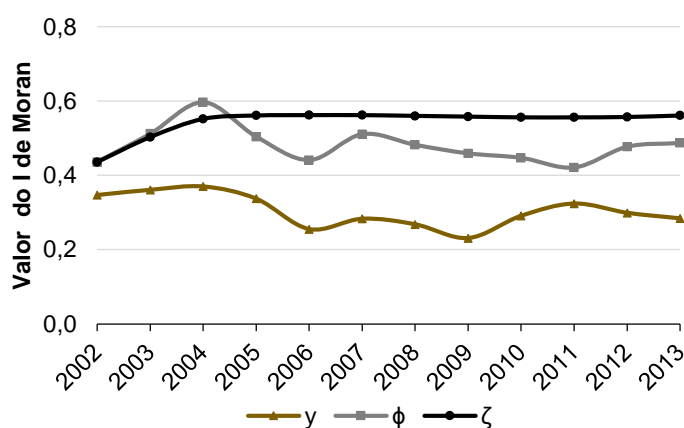


FIGURA 2: CORRELAÇÃO ESPECIAL, MEDIDA PELO I DE MORAN, PARA O DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL. Y É O DESMATAMENTO MUNICIPAL, ϕ A TAXA DE DESMATAMENTO MUNICIPAL E ζ A TAXA DE DESMATAMENTO ACUMULADA.

FONTE: O AUTOR 2016.

A concentração espacial do desmatamento pode ser interpretada sob diferentes abordagens. Considerando os processos descritos por Haining (2003, p.21), a ocorrência do desmatamento em diferentes níveis nos municípios ao longo do tempo causa o processo de difusão. O comércio de bens agrícolas entre municípios caracteriza o processo de troca e taxa de transferência por conta da correlação entre desmatamento e produção agropecuária, que é uma das principais causas do desmatamento na Amazônia Brasileira (BARONA *et al.*, 2010; MORTON *et al.*, 2006). Ainda considerando a correlação entre produção agropecuária e desmatamento, a interação entre municípios sobre a decisão de produção agropecuária sustenta a existência de dependência espacial, como descrito por Robalino e Pfaff (2012) com os conceitos de complementariedade e

substitutibilidade estratégica, pelo processo de interação definido de Haining (2012, p. 21) ou a dependência temporal exposta por Le Sage e Pace (2009).

A heterogeneidade espacial definida por Le Sage e Pace (2009) é outro fator para ocorrência da concentração espacial no desmatamento. Características regionais intrínsecas influenciam o desmatamento na região uma vez que alteram os custos e rentabilidade de usos alternativos do solo (ANDAM *et al.*, 2008; BARBIER; BURGESS, 1997; CHOMITZ; GRAY, 1996; CHOMITZ; THOMAS, 2003; LAURANCE *et al.*, 2002; PFAFF; SANCHEZ-AZOFEIFA, 2004; PFAFF *et al.*, 2007). A declividade do terreno e a vegetação original influenciam os custos de implantação e operacionais, afetando a margem de venda. A pluviosidade e qualidade do solo afetam a produtividade da área, impactando a receita. Por último, a presença de rodovias facilita o acesso de mão de obra e a distribuição do produto, incentivando a produção em regiões com maior malha viária (ÂNGELO E PEREIRA DE SÁ, 2007; BOUCHARDET *et al.*, 2014; CHOMITZ; GREY, 1996; FEARNSTIDE, 2008; GEIST; LAMBIN, 2002; LAURANCE *et al.*, 2002; MARGULIS, 2004; PFAFF *et al.*, 2007; WEINHOLD; REIS, 2008). Portanto, faixas com maior propensão à produção agrícola devem concentrar maiores áreas desmatadas.

As iniciativas adotadas desde 2004, como o PPCDAm, o Decreto Presidencial nº 6321 e a Resolução 3545 do Conselho Monetário Nacional, apresentaram impacto na área desmatada (ASSUNÇÃO; GANDOUR; ROCHA, 2012; ASSUNÇÃO; GANDOUR; ROCHA, 2013; HARGRAVE; KIS-KATOS, 2013; ASSUNÇÃO *et al.*, 2013). Esses mecanismos afetaram, principalmente, localidades que apresentavam as maiores áreas contínuas de desmatamento e maiores propriedades privadas, alterando a composição da área desmatada na Amazônia Legal. Entre 2002 e 2009, a contribuição de áreas desmatadas menores que 50 hectares passaram de próximo de 30% para aproximadamente 70% (ROSA, SOUZA JR., EWERS, 2012). Ainda, a contribuição de grandes propriedades para o desmatamento apresentou diminuição entre 2004 e 2011 (GODAR *et al.*, 2014). Entretanto, a concentração espacial do desmatamento se mantém independente da medida utilizada (Figura 2). Tal resultado mostra que políticas de atuação regionalizada possuem potencial para serem efetivas na desfragmentação do desmatamento, principalmente se atuarem em regiões chave.

5.2 ANÁLISE ESPACIAL LOCAL DO DESMATAMENTO

O I de Moran Local foi calculado com a matriz de ponderação espacial com os seis vizinhos mais próximos, que maximizou a dependência espacial, de acordo com a recomendação de Almeida (2012). Os *clusters* do desmatamento são mostrados nas figuras 4 a 6. Polígonos vermelhos correspondem a regiões alto-alto (AA) e polígonos azuis a regiões baixo-baixo (BB), e essas são regiões classificadas como *hot-spots*. Ainda, *clusters* que possuem localidades com baixo desmatamento circundadas por localidades com alto desmatamento (BA) e *clusters* que possuem localidades com alto desmatamento circundadas por localidades com baixo desmatamento (AB) estão coloridas de roxo e amarelo, respectivamente. As regiões que não apresentaram desmatamento desde 2002 e, conseqüentemente, não foram consideradas na amostra são representadas pelos polígonos cinza. Por último, áreas brancas não apresentaram resultados significativos.

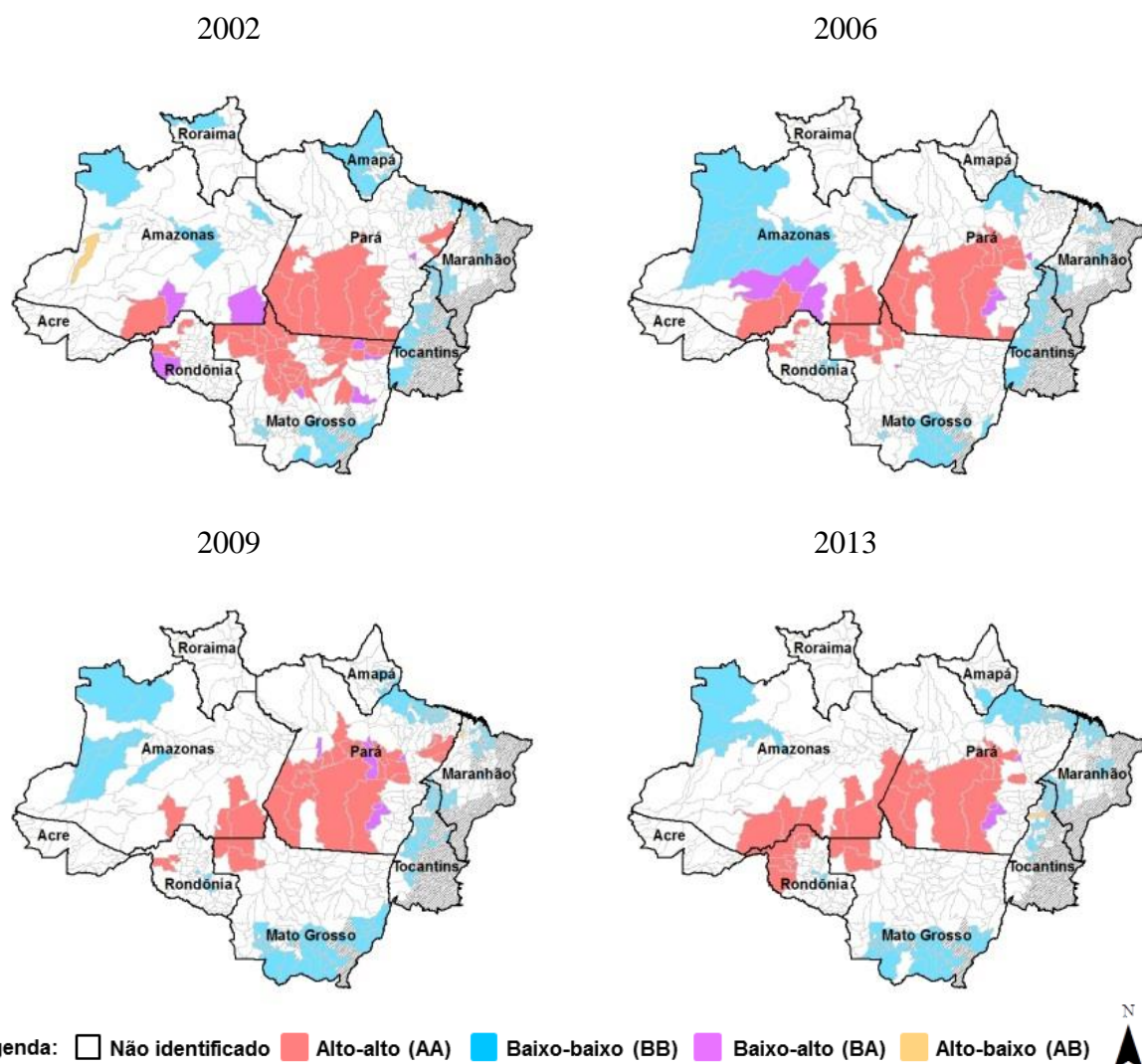


FIGURA 3: ANÁLISE I DE MORAN LOCAL DO DESMATAMENTO ANUAL (Y). ÁREAS VERMELHAS MOSTRAM *CLUSTERS* ALTO-ALTO, AZUIS BAIXO-BAIXO, ROXAS BAIXO-ALTO E AMARELAS ALTO-BAIXO. ÁREAS BRANCAS SÃO RESULTADOS NÃO SIGNIFICATIVOS COM 5% DE SIGNIFICÂNCIA E CINZAS FORAM DESCONSIDERADAS DA AMOSTRA.
 FONTE: O AUTOR (2016).

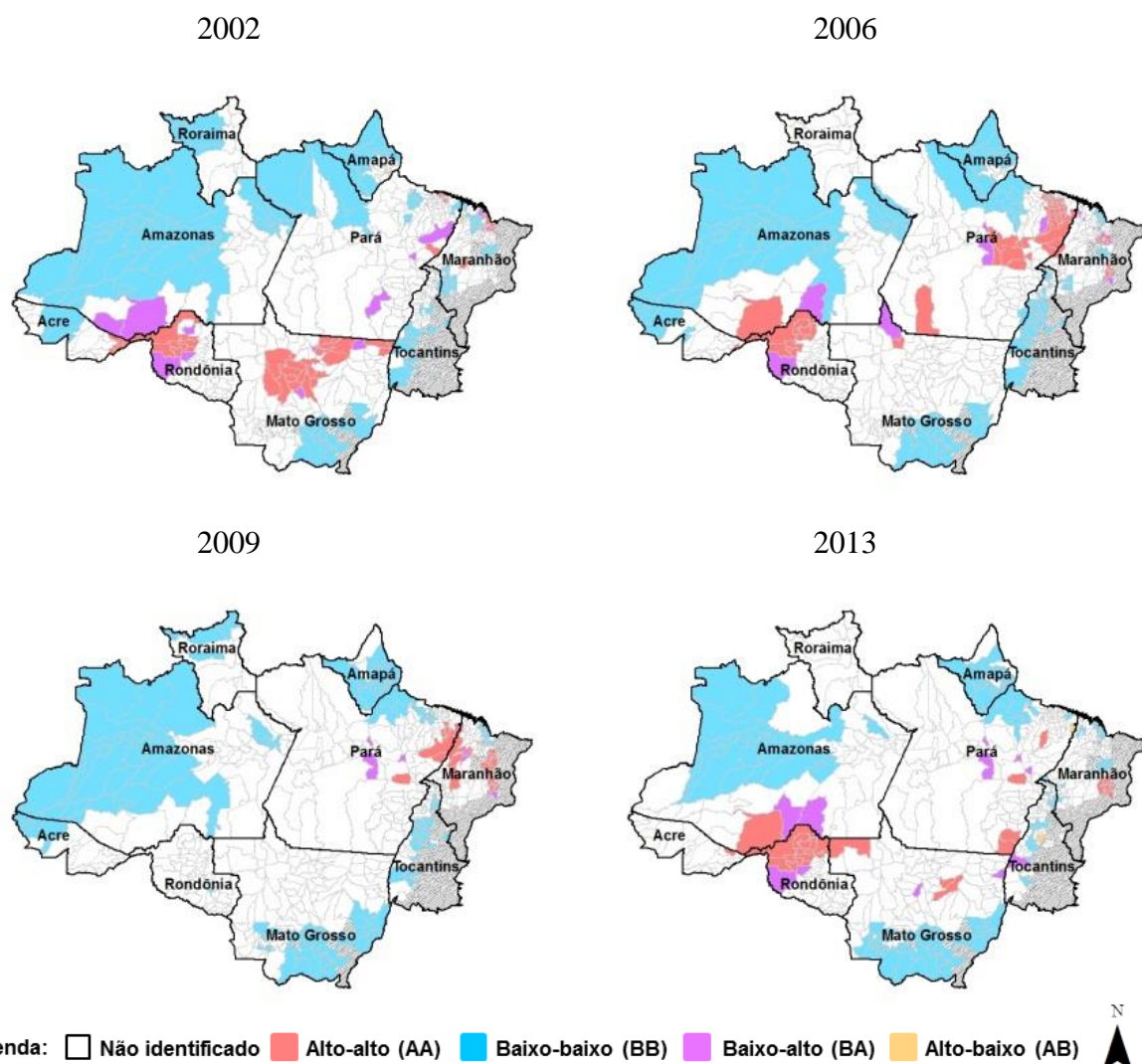


FIGURA 4: ANÁLISE I DE MORAN LOCAL DA TAXA DE DESMATAMENTO ANUAL (ϕ). ÁREAS VERMELHAS MOSTRAM *CLUSTERS* ALTO-ALTO, AZUIS BAIXO-BAIXO, ROXAS BAIXO-ALTO E AMARELAS ALTO-BAIXO. ÁREAS BRANCAS SÃO RESULTADOS NÃO SIGNIFICATIVOS COM 5% DE SIGNIFICÂNCIA E CINZAS FORAM DESCONSIDERADAS DA AMOSTRA.
 FONTE: O AUTOR (2016).

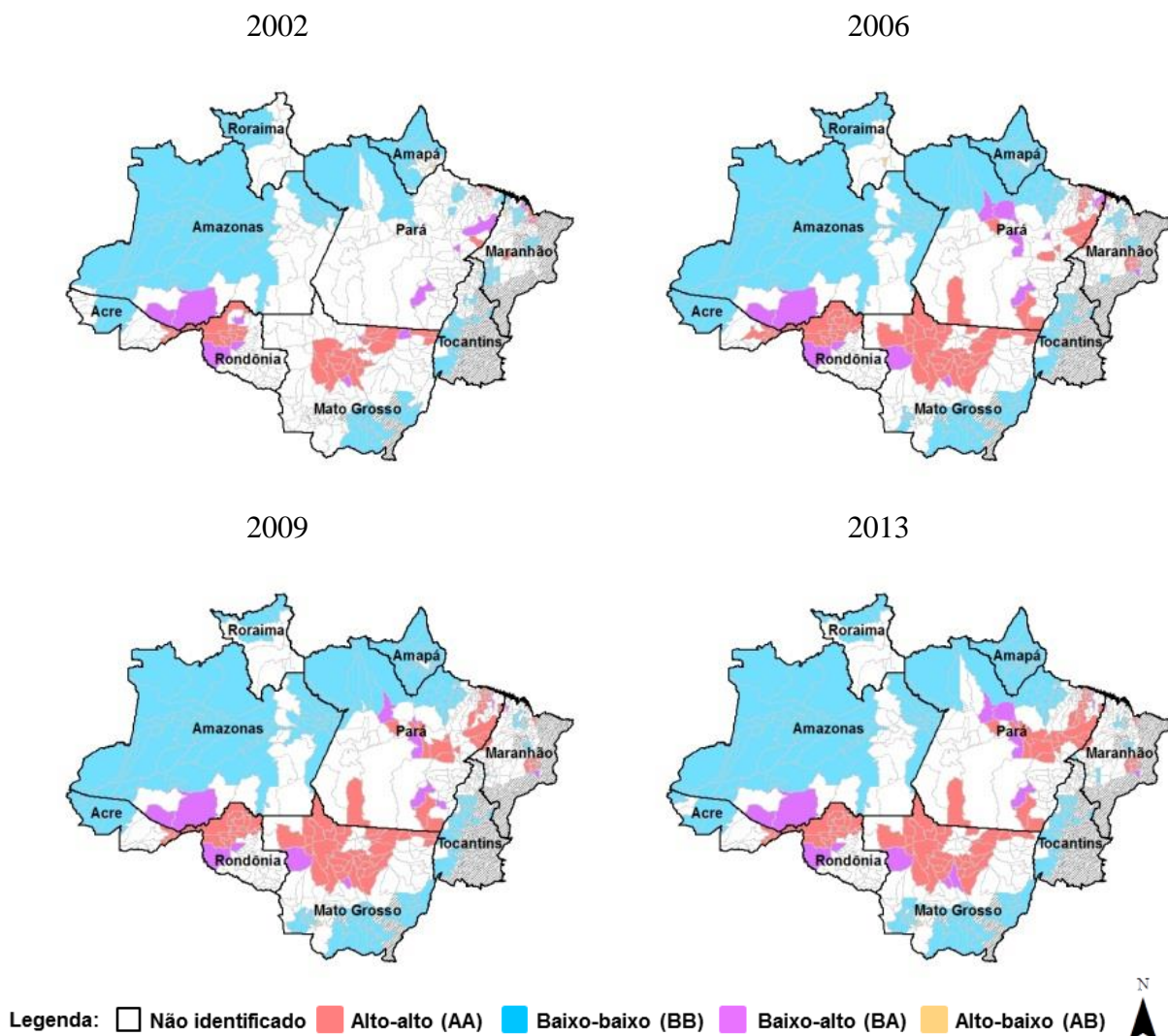


FIGURA 5: ANÁLISE I DE MORAN LOCAL TAXA ACUMULADA DE DESMATAMENTO ANUAL (Δ). ÁREAS VERMELHAS MOSTRAM *CLUSTERS* ALTO-ALTO, AZUIS BAIXO-BAIXO, ROXAS BAIXO-ALTO E AMARELAS ALTO-BAIXO. ÁREAS BRANCAS SÃO RESULTADOS NÃO SIGNIFICATIVOS COM 5% DE SIGNIFICÂNCIA E CINZAS FORAM DESCONSIDERADAS DA AMOSTRA.

FONTE: O AUTOR (2016).

De forma geral, os *clusters* baixo-baixo (BB) estão localizados nos estados que apresentam a menor produção agropecuária da região amazônica: Acre, Amapá, Amazonas e Roraima. Tal resultado corrobora que há correlação entre desmatamento e produção agropecuária, como apontado por Barona et al. (2010).

Entretanto, em todas as análises aparecem *clusters* BB no sul do estado Mato Grosso, maior produtor agrícola da região. Entre 2002 e 2013, o *cluster* alto-alto (AA) do desmatamento municipal deslocou em direção ao norte e deixou de abranger o estado Mato Grosso (Figura 3). A produção de soja e milho neste estado está concentrada no centro-sul e cresce desde 2002, principalmente no centro do

estado. Dessa forma, a presença do *cluster* BB no sul do estado indica estabilização da produção nesta região e a movimentação do *cluster* AA para o norte corrobora o crescimento na região central, podendo indicar uma nova fronteira agrícola na Amazônia Legal associada à movimentação dos produtores para o norte do estado, onde, historicamente, há menor produção (IBGE/PAM, 2015).

Os mapas do I de Moran Local da taxa de desmatamento municipal mostram diminuição da frequência de *clusters* AA (Figura 4). Tal resultado está de acordo com o encontrado por Rosa, Souza Jr. e Ewers (2012), que mostraram diminuição da ocorrência de áreas extensas e contínuas de desmatamento entre 2002 e 2009. Dado que o I de Moran Local testa o valor na localidade em relação à média, a menor frequência de *cluster* AA significa que menos municípios se destacam por grandes áreas desmatadas em relação à média geral em anos recentes. O mesmo resultado observado na Figura 3 ocorre na Figura 4 e o *cluster* AA diminui na região central do estado Mato Grosso. Em 2013, o *cluster* AA da taxa de desmatamento de maior extensão estava localizado na fronteira entre os estados Amazonas e Rondônia. Rondônia foi o estado que apresentou maior relação cabeças de gado por extensão territorial em 2013 (IBGE/PPM, 2015). Ainda, é o estado que apresentou maior desmatamento em relação à área territorial entre 2002 e 2014, de aproximadamente 9,5% (INPE/PRODES, 2015). O padrão espacial da taxa de desmatamento acumulada se mantém ao longo do período analisado e os *clusters* AA estão localizados nas regiões com maior produção agropecuária (IBGE/PAM, 2015; IBGE/PPM, 2015).

A análise espacial local mostra que o desmatamento ocorre em regiões de alta produção agrícola e maior malha viária, como indicado por Ângelo e Pereira de Sá (2007), Morton *et al.* (2006) e Rivero *et al.* (2009). Considerando que os produtores respondem às variações de preços, tais resultados sustentam o uso dos preços agrícolas como controle do desmatamento em modelos econométricos para análise de impactos de instrumento de diminuição do desmatamento, como adotado por Assunção, Gandour e Rocha (2012), Assunção *et al.* (2013) e Hargrave & Kis-Katos (2013).

A localização dos *clusters* alto-alto estão de acordo com os resultados encontrados por Rosa *et al.* (2013). Esses autores descreveram a ocorrência de efeito de contágio no desmatamento na Amazônia Brasileira, ou seja, áreas

próximas de regiões desmatadas possuem maior probabilidade de serem desmatadas no futuro, o que suporta a existência de dependência espacial. Portanto, a observação da distribuição espacial do desmatamento auxilia no planejamento de políticas e instrumentos para controle e redução da área desmatada. Também, mostra a necessidade de planejamento territorial para a região por mostrar as regiões mais críticas e, dado o efeito de contágio, as regiões que possuem potencial de alto desmatamento no futuro.

Desde 2004, foram adotados instrumentos regionais para o controle do desmatamento, ou seja, aqueles que cobrem municípios ou fragmentos de unidades federativas da Amazônia Legal. Alguns exemplos desses mecanismos são o Decreto Presidencial nº 6.321⁶ e a resolução nº 3.545⁷ do Conselho Monetário Nacional. O Fundo Amazônia financiou, entre 2010 e 2013, 34 projetos regionais. A concentração espacial do desmatamento indica que tais mecanismos são necessários para a desfragmentação dos *clusters*, sendo que a interpretação espacial da efetividade desses mecanismos é a fragmentação das regiões que concentram o desmatamento. Os *clusters* AA do mapa do desmatamento municipal mostram as regiões que demandam a adoção de tais mecanismos.

Os mapas do I de Moran Local da taxa acumulada do desmatamento (ζ) mostram regiões que, historicamente, sofreram maior degradação ambiental (conversão de áreas florestais) e a localização dos *clusters* desta variável é relevante para duas categorias de ações. Em primeiro lugar, essas regiões demandam maior apoio para a recuperação de áreas degradadas. Desde 2009, o Fundo Amazônia apoiou 20 projetos que se enquadravam na categoria Recuperação de Áreas Desmatadas, abrangendo 60 municípios específicos, dentre os quais 26 pertencentes a *clusters* alto-alto da taxa acumulada do desmatamento (FUNDO AMAZÔNIA/CARTEIRA DE PROJETOS, 2015).

Em segundo lugar, ações que valorizem áreas florestais e a produção sustentável, uma vez que esses mecanismos podem reduzir a atratividade de usos

⁶ Aprovado em 21 de dezembro de 2007, o decreto atribui ao Ministério do Meio Ambiente a responsabilidade de formular uma lista anual de municípios de risco, situados no Bioma Amazônia, baseado no desmatamento histórico (BRASIL/PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2007).

⁷ Formulada em 29 de fevereiro de 2008, a resolução estabelece a exigência de documentação que comprova regularidade ambiental e outras condicionantes para acesso a financiamento agropecuário no Bioma Amazônia (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2008).

alternativos do solo, sendo uma estratégia para o controle do desmatamento (BARBIER; BURGESS; GRANGER, 2010). Isso porque municípios que apresentaram, historicamente, maior desmatamento devem possuir maior propensão para desmatamento em novas áreas de florestas tropicais por conta de características de infraestrutura e do território (ROSA *et al.*, 2013). Algumas ações já adotadas na região com este objetivo são o fomento à extração sustentável de produtos florestais, fortalecimento da cadeia produtiva de produtos já explorados e financiamento para desenvolvimento de novos produtos por pesquisa. Desde 2009, o Fundo Amazônia apoiou 17 projetos que se enquadram na categoria Manejo Florestal Sustentável e 30 na categoria Atividades Econômicas Desenvolvidas a Partir do Uso Sustentável da Floresta (FUNDO AMAZÔNIA/CARTEIRA DE PROJETOS, 2015). Além disso, os objetivos da terceira fase do PPCDAm, iniciada em 2012, estão alinhados com a promoção da produção sustentável.

5.3 MODELOS

A Tabela 2 apresenta os resultados para o modelo de efeitos fixos. Os coeficientes de preços são similares aos encontrados por Assunção, Gandour e Rocha (2012). A presença de projetos apoiados pelo Fundo Amazônia diminui o desmatamento municipal em 36,4 km² por ano, em média.

TABELA 2: EFEITO DO FUNDO AMAZÔNIA NO DESMATAMENTO ESTIMADO POR MODELO DE EFEITO FIXO.

Regressor	Desmatamento Anual (km ²) de Agosto t-1 a Julho t
Fundo Amazônia	-36,484** (12,977)
Preço Boi	-1,135*** (0,105)
Índice Preços Agrícolas	0,279*** (0,079)
Cobertura de Nuvens	0,001** (0,000)
Constante	127,583*** (12,401)
Observações	7596
Número de Municípios	633
R ²	0.132
Tendência Temporal	Sim

* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0001

Por conta da correlação espacial do desmatamento, indicada pelos resultados do I de Moran, foi testada a correlação espacial dos resíduos da regressão e os resultados são apresentados na Tabela 3. Porque existe correlação espacial, a falta do elemento espacial pode tornar os estimadores viesados, devido à omissão de variável relevante (GREENE, p. 148, 2003).

TABELA 3: RESULTADOS DO I DE MORAN PARA OS RESÍDUOS DA REGRESSÃO DO MODELO DE EFEITO FIXO.

Ano	I de Moran
2002	0,33
2003	0,36
2004	0,38
2005	0,31
2006	0,33
2007	0,29
2008	0,28
2009	0,42
2010	0,34
2011	0,24
2012	0,26
2013	0,26

Foram estimadas as configurações de modelos espaciais SAR e SEM. A matriz de ponderação espacial selecionada foi a com 6 vizinhos mais próximos, que maximizou a dependência espacial, de acordo com a indicação de Almeida (2012).

Os resultados do modelo SAR são apresentados na Tabela 4. A dependência espacial (medida pelo coeficiente rho) é positiva e há alteração nos coeficientes estimados para os preços e o Fundo Amazônia em relação ao modelo de efeito fixo. Entretanto, devido ao método de estimação diferir entre modelos espaciais e não espaciais, os coeficientes não devem ser comparados.

TABELA 4: EFEITO DO FUNDO AMAZÔNIA NO DESMATAMENTO ESTIMADO COM O MODELO ESPACIAL DE EFEITO FIXO COM A ESPECIFICAÇÃO SAR.

Regressor	Desmatamento Anual (km ²) de Agosto t-1 a Julho t
Rho (ρ)	0,160*** (0,019)
Direto	
Fundo Amazônia	-39,273*** (3,073)
Preço Boi	-0,518*** (0,050)
Índice Preços Agrícolas	0,538*** (0,034)
Cobertura de Nuvens	0.000 (0,000)
Indireto	
Fundo Amazônia	-7,528*** (1,208)
Preço Boi	-0,099*** (0,013)
Índice Preços Agrícolas	0,103*** (0,012)
Cobertura de Nuvens	0.000 (0,000)
Total	
Fundo Amazônia	-46,801*** (3,817)
Preço Boi	-0,616*** (0,056)
Índice Preços Agrícolas	0,641*** (0,035)
Cobertura de Nuvens	0.000 (0,000)
Observações	7596
Número de Municípios	633
Log-likelihood	-38,964
Tendência Temporal	Sim

* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0001

Como o modelo SAR, os resultados do modelo SEM mostram dependência espacial positiva (Tabela 5). Comparando os dois modelos espaciais, o grau de ajustamento do modelo SAR é maior. Os coeficientes para os preços do boi-gordo e

de produtos agrícolas apresentam variações marginais e o efeito do Fundo Amazônia é maior quando utilizado o modelo SAR.

TABELA 5: EFEITO DO FUNDO AMAZÔNIA NO DESMATAMENTO ESTIMADO COM O MODELO ESPACIAL DE EFEITO FIXO COM ESPECIFICAÇÃO SEM.

Regressor	Desmatamento Anual (km ²) de Agosto t-1 a Julho t
Lambda (λ)	0,154*** (0,019)
Fundo Amazônia	-39,291*** (3,240)
Preço Boi	-0,632*** (0,050)
Índice Preços Agrícolas	0,637*** (0,035)
Cobertura de Nuvens	0.000 (0,000)
Observações	7,596
Número de Municípios	633
<i>Log-likelihood</i>	-38,968
Tendência Temporal	Sim

* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0001

5.3.1.1. Dependência Espacial

Os dois modelos espaciais são de alcance global e mostram dependência espacial positiva. Este resultado também foi encontrado para a Amazônia Legal por Hargrave e Kis-Katos (2013) que estimaram um modelo SAR pelo Método dos Momentos Generalizados. Apesar do método de estimação ser diferente do utilizado neste trabalho, a magnitude do efeito espacial dos modelos SAR é semelhante.

Por conta do coeficiente espacial positivo, um aumento (diminuição) do desmatamento propaga um choque global em todas as regiões no mesmo sentido. Portanto, mecanismos para o controle do desmatamento devem considerar as características da região-alvo e as características das localidades próximas. Ainda, a expansão da agropecuária em regiões como o norte do Mato Grosso, por exemplo, pode apresentar efeito de transbordamento para regiões próximas. Neste contexto, os projetos regionais do Fundo Amazônia possuem potencial de serem eficientes, atuando em regiões alvo e amenizando os efeitos espaciais.

5.3.1.2. Preços

O coeficiente do preço do boi gordo foi significativo e menor que zero nos três modelos e este resultado também foi encontrado por Assunção, Gandour e Rocha (2012) para a Amazônia Legal. O gado é tanto um bem de consumo quanto capital e, historicamente, o ciclo de produção apresenta alta periodicidade. Havendo um aumento de preços no curto prazo por conta de um choque na demanda, os produtores de gado devem aumentar o abate para suprir a demanda, temporariamente maior, e usufruir de maiores receitas no curto prazo. Por conta do aumento do abate, o estoque de gado deve diminuir, assim como a pressão por novas áreas de pastagem, considerando o custo de obtenção de novos indivíduos e o tempo até o abate.

Os coeficientes do índice de preços agrícolas, que incorpora os preços da soja e do milho, apresentam resultados significativos e positivos nos três modelos estimados. Assunção, Gandour e Rocha (2012) e Hargrave e Kis-Katos (2013), também trabalhando com dados em painel para a Amazônia brasileira, encontraram resultados semelhantes para preços de diversas culturas agrícolas. Este resultado mostra que um aumento de preço no curto prazo incentiva o aumento da produção por meio da expansão da área de cultivo.

Foram testadas defasagens de um ano para as duas variáveis de preços. Os resultados das defasagens são apresentados na Tabela 6 e o resultado completo dos dois modelos no Apêndice (Tabela 8 e Tabela 9). O coeficiente do índice de preços agrícolas permanece positivo, indicando que produtores baseiam a decisão sobre a área cultivada no preço corrente e histórico. O coeficiente da defasagem do preço do boi gordo é positivo, como encontrado por Assunção, Gandour e Rocha (2012). Diferentemente do aumento de preços no curto prazo, um aumento permanente dos preços do boi incentiva os produtores a aumentarem os estoques para aproveitar receitas futuras maiores, expandindo a área de pastagem e, conseqüentemente, o desmatamento.

TABELA 6: EFEITO DE DEFASAGENS DE PREÇOS E DESMATAMENTO COM MODELOS ESPACIAIS DE ESPECIFICAÇÕES SAR E SEM.

Regressor	Desmatamento Anual (km²)			
	Agosto t-1 a Julho t			
	Modelo SAR			Modelo SEM
Efeito direto	Efeito indireto	Efeito total		
Preço Boi	-0,627*** (0,069)	-0,108*** (0,020)	-0,735*** (0,079)	-0,726*** (0,070)
Preço Boi (t - 1)	0,145* (0,063)	0,025* (0,012)	0,170* (0,074)	0,133 (0,072)
Índice Preços Agrícolas	0,572*** (0,040)	0,098*** (0,015)	0,670*** (0,043)	0,656*** (0,041)
Índice Preços Agrícolas (t - 1)	0,074* (0,035)	0,013* (0,006)	0,087* (0,041)	0,100* (0,039)
Observações	7.596			7.596
Número de Municípios	633			633
Log-likelihood	-38.949			-38.953
Tendência Temporal	Sim			Sim

* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001

Nos dois modelos SAR apresentados (Tabela 4 e Tabela 6), os efeitos diretos são maiores que os indiretos. Efeitos diretos são aqueles causados na variável dependente na localidade *i* por conta de variações dos regressores na mesma localidade e os efeitos indiretos medem efeitos cruzados entre a variável dependente da localidade *i* e o valor dos regressores em outras localidades (ALMEIDA, p. 158, 2012). Tal resultado é esperado para choques nos preços uma vez que foi utilizado o mesmo indicador de preço para todos os municípios.

Os resultados encontrados estão alinhados com a discussão de diversos autores na literatura que afirmam que a produção agropecuária é uma das principais causas do desmatamento (ÂNGELO; PEREIRA DE SÁ, 2007; FEARNSSIDE, 2008; GEIST; LAMBIN, 2002; MARGULIS, 2004; MORTON *et al.*, 2006; RIVERO *et al.*, 2009; VERBURG *et al.*, 2014). Ainda, os resultados indicam que maiores ganhos com usos alternativos do solo incentivam o desmatamento, de acordo com os modelos propostos por Barbier e Burgess (1997) e Barbier e Burgess (2001).

Os produtos considerados nos modelos são *commodities* e o controle desses preços de forma direta por parte do Estado para diminuir o incentivo ao desmatamento é impossibilitado. Sendo assim, a influência dos preços no desmatamento mostra a necessidade de planejamento territorial da região porque produtores têm incentivos de expandir a área desmatada quando ocorrer aumento real de preços. Apesar de maior monitoramento da Amazônia e aplicação de multas

contribuírem para a diminuição do desmatamento (ASSUNÇÃO; GANDOUR; ROCHA, 2013; HARGRAVE; KIS-KATOS, 2013), se o aumento de preços for suficientemente alto, agentes podem escolher correr o risco de serem multados em troca da expectativa de ganhos (ASSUNÇÃO; GANDOUR; ROCHA, 2012). Dessa forma, o planejamento territorial da região amazônica é uma ferramenta relevante para a conservação, que visa construir um referencial futuro para o uso do solo. Ainda considerando a impossibilidade de controle de preços, ações para melhorar a produtividade do uso do solo, com melhoria de infraestrutura e adoção de práticas tecnológicas, permitiria o aumento da produção local, que possui importância para a economia da região, e diminuiria a pressão por desmatamento em novas áreas. Por exemplo, a pecuária, principal finalidade de áreas desmatadas, ainda é pautada em áreas extensivas de pastagem com baixa taxa de lotação (IBGE/PPM, 2015).

Historicamente, o uso da terra como meio de garantir a posse foi um mecanismo utilizado na Amazônia Legal com incentivos fiscais do governo federal (DENNIS; VAN RIPER; WOOD, 2011; FEARNside, 2008; MAY; MILLIKAN; GEBARA, 2011), e o crédito agrícola possui efeito significativo sobre o desmatamento (ASSUNÇÃO *et al.*, 2013). Entretanto, a valoração de usos sustentáveis da floresta pode diminuir os incentivos à conversão de áreas florestais, por diminuir a atratividade de usos alternativos do solo (BARBIER; BURGESS, 1997; BARBIER; BURGESS, 2001). Neste contexto, estão alinhados a terceira fase do PPCDAm, que possui foco no desenvolvimento sustentável da região, e projetos do Fundo Amazônia de diversas áreas temáticas, como Gestão de Florestas Públicas e Áreas Protegidas, Manejo Florestal Sustentável, Atividades Econômicas e Sustentáveis a partir do Uso Sustentável da Floresta, Zoneamento Ecológico-Econômico, Ordenamento Territorial e Regularização Fundiária.

5.3.1.3. Fundo Amazônia

O efeito estimado do Fundo Amazônia é robusto para o modelo não espacial e as duas classes de modelos espaciais. Considerando os três modelos, a presença de projetos apoiados pelo Fundo diminui o desmatamento entre 36 e 41 km² ao ano (Tabela 3, Tabela 4 e Tabela 5). Tal resultado corrobora a hipótese que os projetos

apoiados pelo Fundo Amazônia auxiliam para a redução do desmatamento municipal, estando de acordo com os objetivos deste mecanismo.

Foi conduzido um teste placebo com a variável *dummy* do Fundo Amazônia para testar a existência de viés de seleção do efeito encontrado. A variável que indica a presença de projetos foi defasada em um e dois períodos, simulando a ocorrência dos projetos entre 2006 e 2009 e entre 2002 e 2005. Os coeficientes das variáveis de placebo estão reportados na Tabela 7 e os resultados do modelo no Apêndice (Tabela 10 e Tabela 11).

TABELA 7: TESTE DE ROBUSTEZ DO RESULTADO DO EFEITO DO FUNDO AMAZÔNIA SOBRE O DESMATAMENTO ESTIMADA COM PAINEL ESPACIAL DE ESPECIFICAÇÃO SAR PARA SIMULAÇÃO PLACEBO.

Regressor	Desmatamento Anual (km ²) Agosto t-1 a Julho t			
	Modelo SAR			
	(I)		(II)	
	Efeito direto	Efeito indireto	Efeito direto	Efeito indireto
Fundo Amazônia ($t - 1$)	-17,955*** (3,061)	-3,511*** (0,758)		
Fundo Amazônia ($t - 2$)			55,480*** (3,056)	9,252*** (1,516)
Observações	7596		7596	
Número de Municípios	633		633	
<i>Log-likelihood</i>	-39.022		-38.887	
Tendência Temporal	Sim		Sim	

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Municípios com projetos apoiados pelo Fundo Amazônia apresentam, historicamente, alto desmatamento comparado à média da região, como mostrado pelo coeficiente Fundo Amazônia ($t - 2$). Contudo, entre 2006 e 2009, esses municípios já apresentavam tendência de diminuição do desmatamento em comparação ao restante da região, medido por Fundo Amazônia ($t - 1$) (Tabela 7).

Por conta do resultado encontrado para a defasagem de um período, o efeito estimado pelo modelo desconsiderando o teste placebo superestima o efeito dos projetos. Assim, a diferença entre os coeficientes estimados para o período de atuação do Fundo (2010 a 2013) e o coeficiente estimado com a simulação do teste placebo com uma defasagem ($t - 1$) é uma medida mais eficiente. Estes coeficientes são estatisticamente diferentes, indicando que a presença do Fundo Amazônia acelerou o processo de diminuição do desmatamento. A Figura 6 mostra a diferença na trajetória do desmatamento na região amazônica sem a atuação do Fundo.

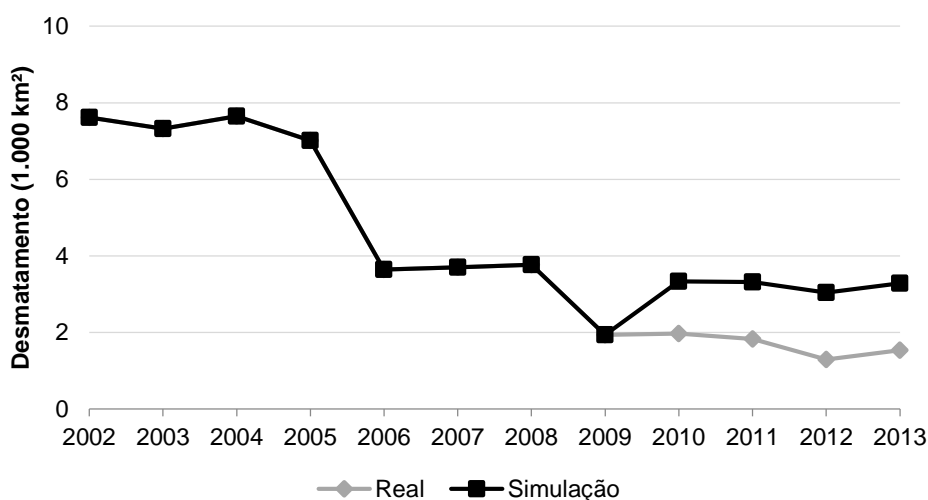


FIGURA 6: SIMULAÇÃO DA ÁREA DESMATADA COM UM CENÁRIO SEM A ATUAÇÃO DO FUNDO AMAZÔNIA.
 FONTE: O AUTOR (2016) COM BASE EM DETER (2015).

A simulação construída com os resultados dos modelos SAR mostra que o desmatamento evitado nos municípios com projetos do Fundo foi de 6.359 km² entre 2010 e 2013 (1.590 km² ao ano em média). Na ausência do Fundo durante o mesmo período, o desmatamento nos municípios com projetos teria sido 96% maior, o que representa um aumento de 29% no desmatamento total da região da Amazônia Legal. Considerando os valores das parcelas despendidas pelo BNDES para apoio dos projetos utilizados no modelo, o custo médio para a redução do desmatamento foi R\$ 14.182,25 por km² evitado (R\$ 141,82 por ha evitado) em valores corrigidos para 2015 pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA).

A área de desmatamento evitada pelo Fundo Amazônia entre 2010 e 2013 de 6.359 km² é composta por 5.351 km² de efeito direto e 1.008 km² de efeito indireto medidos pelos modelos espaciais do tipo SAR. Os efeitos diretos apresentam maior magnitude que os efeitos indiretos (Tabela 7). Portanto, a maior parte do efeito da presença do Fundo Amazônia na localidade *i* fica na própria localidade (ALMEIDA, p. 158, 2012). O efeito indireto é um indicador do grau de impacto transversal do programa uma vez que mostra o impacto da presença de projetos do Fundo em outras localidades sobre a localidade *i*.

Todos os resultados com modelo SAR mostraram maior grau de efeito direto, indicando baixo grau de impacto transversal do Fundo Amazônia. Entretanto, tal resultado sobre o grau do efeito transversal pode estar subestimado, uma vez

que há dependência espacial no desmatamento na região e, dessa forma, efeitos transversais seriam esperados.

A avaliação do Fundo Amazônia realizada neste trabalho é classificada como *ex-post* de percurso, pois ocorreu durante a operação do programa. Avaliações dessa natureza apresentam a vantagem de fornecer resultados que podem auxiliar no planejamento futuro do programa. Entretanto, há maior probabilidade de efeitos importantes não serem capturados (como efeitos transversais), uma vez que podem demorar um período de tempo mais longo para se manifestarem (BARROS; LIMA, 2012).

Pela estrutura atual de impacto do Fundo Amazônia, os projetos precisam atingir os municípios individualmente, não usufruindo de efeitos transversais significantes. O funcionamento do Fundo Amazônia permite a escolha da região de atuação dos projetos pelos próprios elaboradores dos projetos. Portanto, apesar do mecanismo ter apresentado o efeito desejado entre 2010 e 2013, um enfoque em regiões críticas do desmatamento, apontadas pelas análises espaciais deste trabalho, deve auxiliar para a aceleração do controle do desmatamento, além de auxiliar no planejamento territorial.

6. CONCLUSÕES

- O desmatamento na Amazônia Legal brasileira apresenta correlação espacial positiva e, apesar da redução da área desmatada anual desde 2004, a correlação espacial permanece.
- A área com contração de alto desmatamento foi deslocada da região central do estado Mato Grosso para o norte deste estado, o que indica deslocamento da fronteira agrícola da região.
- A correlação espacial positiva mostra que há efeito de transbordamento do desmatamento de um município para seus vizinhos e, portanto, estes devem ser considerados no planejamento de políticas para redução de desmatamento.
- Os projetos do Fundo Amazônia foram eficazes na redução do desmatamento durante o período analisado. No caso de não existência do Fundo Amazônia, os resultados indicam que o desmatamento na região amazônica seria 29% superior ao observado entre 2010 e 2013. A maior parte dos efeitos de redução atua de forma direta no município com projeto. Assim, os projetos apresentam baixo efeito transversal.

7. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- O principal objetivo do Fundo Amazônia, redução da área desmatada, foi alcançado durante os primeiros anos de atuação. Entretanto, o efeito medido apresenta baixo grau de efeito transversal. O período de tempo de atuação do Fundo pode ter contribuído para tal resultado e trabalhos futuros de análise desse mecanismo de redução de desmatamento podem capturar maior grau de efeito transversal. É importante o monitoramento do impacto do Fundo Amazônia nos próximos anos para investigar alterações do impacto transversal e auxiliar no planejamento do Fundo Amazônia.
- O modelo apresenta limitações por conta da possibilidade de endogeneidade. Dessa forma, são importantes trabalhos para tratar esta limitação e aumentar o grau de confiabilidade sobre o impacto de políticas contra desmatamento na Amazônia Legal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A. P. D.; CÂMARA, G.; ESCADA, M. I. S. SPATIAL STATISTICAL ANALYSIS OF LAND-USE DETERMINANTS IN THE BRAZILIAN AMAZON: EXPLORING INTRA-REGIONAL HETEROGENEITY. *ECOLOGICAL MODELLING*, v. 209, n. 2, p. 169–188, 2007.

ALMEIDA, E. **ECONOMETRIA ESPACIAL APLICADA**. 1.ED. CAMPINAS, SP: ALÍNEA, 2012.

ANDAM, K. S.; FERRARO, P. J.; PFAFF, A.; SANCHEZ-AZOFEIFA, G. A.; ROBALINO, J. A. MEASURING THE EFFECTIVENESS OF PROTECTED AREA NETWORKS IN REDUCING DEFORESTATION. **PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES**, v. 105, n. 42, p. 16089–16094, 2008.

ANGELO, H.; DE SÁ, S. P. P. O DESFLORESTAMENTO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA. **CIÊNCIA FLORESTAL**, v. 17, n. 3, p. 217–227, 2007.

ANSELIN, L. LOCAL INDICATORS OF SPATIAL ASSOCIATION-LISA. **GEOGRAPHICAL ANALYSIS**, v. 27, n. 2, p. 93–115, 1995 .

ARAUJO, C.; BONJEAN, C. A.; COMBES, J. A.; COMBES MOTEL, P.; REIS, E. J. PROPERTY RIGHTS AND DEFORESTATION IN THE BRAZILIAN AMAZON. **ECOLOGICAL ECONOMICS**, v. 68, p. 2461 – 2468. 2009.

ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C.; ROCHA, R. **DEFORESTATION SLOWDOWN IN THE BRAZILIAN AMAZON: PRICES OR POLICIES?**. CLIMATE POLICY INITIATIVE WORKING PAPER, 2012.

ASSUNÇÃO, J., GANDOUR, C., ROCHA, R. **DETERING DEFORESTATION IN THE AMAZON: ENVIRONMENTAL MONITORING AND LAW ENFORCEMENT**. CLIMATE POLICY INITIATIVE WORKING PAPER, 2013.

ASSUNÇÃO, J., GANDOUR, C., ROCHA, R.; ROCHA, R. **DOES CREDIT AFFECT DEFORESTATION? EVIDENCE FROM A RURAL CREDIT POLICY IN THE BRAZILIAN AMAZON**. CLIMATE POLICY INITIATIVE WORKING PAPER, 2013.

ATELLA, V.; BELOTTI, F.; DEPALO, D.; MORTARI, A. P. MEASURING SPATIAL EFFECTS IN THE PRESENCE OF INSTITUTIONAL CONSTRAINTS: THE CASE OF ITALIAN LOCAL HEALTH AUTHORITY EXPENDITURE. **REGIONAL SCIENCE AND URBAN ECONOMICS**, v. 49, p. 232–241, 2014.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. RESOLUÇÃO N. 3.545. DISPONÍVEL EM:
[HTTP://WWW.BCB.GOV.BR/PRE/NORMATIVOS/BUSCA/DOWNLOADNORMATIVO.ASP?ARQUIVO=/LISTS/NORMATIVOS/ATTACHMENTS/47956/RES_3545_V1_O.PDF](http://www.bcb.gov.br/pre/normativos/busca/downloadNormativo.asp?arquivo=/lists/normativos/attachments/47956/res_3545_v1_o.pdf). ACESSO EM: 13/09/2015. 2008.

BNDES. **FUNDO AMAZÔNIA: RELATÓRIO DE ATIVIDADES 2010. RIO DE JANEIRO, RJ: BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO**. DISPONÍVEL EM:
[HTTP://WWW.FUNDOAMAZONIA.GOV.BR/FUNDOAMAZONIA/EXPORT/SITES/DEFAULT/SITE_PT/GALERIAS/ARQUIVOS/PUBLICACOES/RAFA_2010_PT.PDF](http://www.fundoamazonia.gov.br/fundoamazonia/export/sites/default/site_pt/galerias/arquivos/publicacoes/rafa_2010_pt.pdf). ACESSO: 19/08/2015. 2010.

BNDES. **FUNDO AMAZÔNIA: RELATÓRIO DE ATIVIDADES 2014. RIO DE JANEIRO, RJ: BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO**. DISPONÍVEL EM:
[HTTP://WWW.FUNDOAMAZONIA.GOV.BR/FUNDOAMAZONIA/EXPORT/SITES/DEFAULT/SITE_PT/GALERIAS/ARQUIVOS/PUBLICACOES/RAFA_2010_PT.PDF](http://www.fundoamazonia.gov.br/fundoamazonia/export/sites/default/site_pt/galerias/arquivos/publicacoes/rafa_2010_pt.pdf). ACESSO: 19/08/2015. 2014.

BARBIER, E. B.; BURGESS, J. C. THE ECONOMICS OF TROPICAL DEFORESTATION. **JOURNAL OF ECONOMIC SURVEYS**, v. 15, n. 3, p. 413–433, 2001.

BARBIER, E. B.; BURGESS, J. C. THE ECONOMICS OF TROPICAL FOREST LAND USE OPTIONS. **LAND ECONOMICS** v. 73, n. 2, p. 174–195, 1997.

BARBIER, E. B.; BURGESS, J. C.; GRAINGER, A. THE FOREST TRANSITION: TOWARDS A MORE COMPREHENSIVE THEORETICAL FRAMEWORK. **LAND USE POLICY**, v. 27, n. 2, p. 98–107, 2010.

BARONA, E.; RAMANKUTTY, N.; HYMAN, G.; COOMES, O. T. THE ROLE OF PASTURE AND SOYBEAN IN DEFORESTATION OF THE BRAZILIAN AMAZON. **ENVIRONMENTAL RESEARCH LETTERS**, v. 5, n. 2, 2010.

BARROS, R. P.; LIMA, L. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DE PROGRAMAS SOCIAIS: POR QUE, PARA QUE E QUANDO FAZER?. IN: MENEZES FILHO, N. **AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS SOCIAIS**. 1.ED. SÃO PAULO, SP: DINÂMICA GRÁFICA E EDITORA, 2012.

BAUMONT, C. **SPATIAL EFFECTS IN HOUSING PRICE MODELS: DO HOUSING PRICES CAPITALIZE URBAN DEVELOPMENT POLICIES IN THE AGGLOMERATION OF DIJON (1999)?**. UNIVERSITÉ DE BOURGOGNE: CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE, LABORATOIRE D'ÉCONOMIE ET DE GESTION. DISPONÍVEL EM: [HTTP://LARA.INIST.FR/HANDLE/2332/2218?SHOW=FULL](http://lara.inist.fr/handle/2332/2218?show=full). ACESSO EM: 18/08/2015.

BELOTTI, F.; HUGHES, G.; MORTARI, A. P. XSMLE: STATA MODULE FOR SPATIAL PANEL DATA MODELS ESTIMATION. **STATISTICAL SOFTWARE COMPONENTS S457610**, BOSTON COLLEGE DEPARTMENT OF ECONOMICS, REVISADO EM 15 DE MARÇO DE 2014, 2013

BOUCHARDET, D. A.; MATRICARDI, E. A. T.; ÂNGELO, H.; COSTA, O. B.; PEREIRA, R. S. AVALIAÇÃO DO TRANSPORTE INTERMODAL DE PRODUTOS FLORESTAIS E SUA RELAÇÃO COM O DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA. IN: D'AGOSTO, M. A.; JACQUES, L. C. A.; DE OLIVEIRA, C. M. TRANSPORTE EM PERSPECTIVA: **UMA CONTRIBUIÇÃO DOS PESQUISADORES BRASILEIROS PARA O FUTURO DOS TRANSPORTES**. 1.ED. RIO DE JANEIRO, RJ: ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE, 2014.

BRASIL/COMITÊ INTERMINISTERIAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA. PLANO NACIONAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA – PNMC – BRASIL. BRASÍLIA. 2008.

BRASIL/PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. DECRETO N. 6.321, DE 21 DE DEZEMBRO DE 2007. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.PLANALTO.GOV.BR/CCIVIL_03/_ATO2007-2010/2007/DECRETO/D6321.HTM](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/DECRETO/D6321.htm). ACESSO EM: 13/09/2015. 2007.

BRASIL/PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. DECRETO N. 6.527, DE 1º DE AGOSTO DE 2008. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.PLANALTO.GOV.BR/CCIVIL_03/_ATO2007-2010/2008/DECRETO/D6527.HTM](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/DECRETO/D6527.htm). ACESSO EM: 13/09/2015. 2008B.

BRASIL/PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. PLANO AMAZÔNIA SUSTENTÁVEL: DIRETRIZES PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA AMAZÔNIA BRASILEIRA. BRASÍLIA, DF: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2008A.

CÂMARA, G.; VALERIANO, D.; VIANEI, J. **METODOLOGIA PARA O CÁLCULO DA TAXA ANUAL DE DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL**. SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, SP: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2006.

CARVALHO, T. S.; ALMEIDA, E. A HIPÓTESE DA CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL GLOBAL: UMA PERSPECTIVA ECONÔMETRICO-ESPACIAL. **ESTUDOS ECONÔMICOS**, SÃO PAULO, V. 40, N. 3, P. 587–615, 2010.

CHOMITZ, K. M.; GRAY, D. A. ROADS, LAND USE, AND DEFORESTATION: A SPATIAL MODEL APPLIED TO BELIZE. **THE WORLD BANK ECONOMIC REVIEW**, V. 10, N. 3, P. 487-512, 1996.

CHOMITZ, K. M.; THOMAS, T. S. DETERMINANTS OF LAND USE IN AMAZÔNIA: A FINE-SCALE SPATIAL ANALYSIS. **AMERICAN JOURNAL OF AGRICULTURAL ECONOMICS**, V. 85, N. 4 P. 1016–1028, 2003.

COMBES MOTEL, P.; PIRARD, R.; COMBES, J.-L. A METHODOLOGY TO ESTIMATE IMPACTS OF DOMESTIC POLICIES ON DEFORESTATION: COMPENSATED SUCCESSFUL EFFORTS FOR “AVOIDED DEFORESTATION” (REDD). **ECOLOGICAL ECONOMICS**, V. 68, N. 3, P. 680–691, 2009.

COOPER, R.; JOHN, A. COORDINATING COORDINATION FAILURES IN KEYNESIAN MODELS. **THE QUARTERLY JOURNAL OF ECONOMICS**, V. 103, N. 3, P. 441-463, 1998.

DE SOUZA, R. A.; MIZIARA, F.; JUNIOR, P. D. M. SPATIAL VARIATION OF DEFORESTATION RATES IN THE BRAZILIAN AMAZON: A COMPLEX THEATER FOR AGRARIAN TECHNOLOGY, AGRARIAN STRUCTURE AND GOVERNANCE BY SURVEILLANCE. **LAND USE POLICY**, V. 30, N. 1 P. 915–924, 2013.

DELAZERI, L. M. M. **DETERMINANTES DO DESMATAMENTO NOS MUNICÍPIOS DO ARCO VERDE – AMAZÔNIA LEGAL: UMA ABORDAGEM ECONÔMETRICA**. SÃO PAULO, SP: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS REGIONAIS URBANOS. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.BRSA.ORG.BR/SITE/ENCONTROS-ARTIGOS.PHP?ENABER=8](http://www.brsa.org.br/site/encontros-artigos.php?enaber=8). 2014.

DENNIS, K.; VAN RIPER, C. J.; WOOD, M. A. PAYMENTS FOR ECOSYSTEM SERVICES AS A POTENTIAL CONSERVATION TOOL TO MITIGATE DEFORESTATION IN THE BRAZILIAN AMAZON. **APPLIED BIODIVERSITY PERSPECTIVE**, v. 1, n. 2, p. 1-15, 2011.

EWERS, R. M.; LAURANCE, W. F.; SOUZA JR, C. M. TEMPORAL FLUCTUATIONS IN AMAZONIAN DEFORESTATION RATE. **ENVIRONMENTAL CONSERVATION**, v. 35, n. 4, p. 303 - 310, 2008.

FEARNSIDE, P. M. THE ROLES AND MOVEMENTS OF ACTORS IN THE DEFORESTATION OF BRAZILIAN AMAZONIA. **ECOLOGY AND SOCIETY**, v. 13, n. 1, 2008.

FUNDO AMAZÔNIA/CARTEIRA DE PROJETOS. DISPONÍVEL EM:
[HTTP://WWW.FUNDOAMAZONIA.GOV.BR/FUNDOAMAZONIA/FAM/SITE_PT/ESQUERDO/PROJETOS_APOIADOS/CARTEIRA_PROJETOS](http://www.fundoamazonia.gov.br/fundoamazonia/fam/site_pt/esquerdo/projetos_apoiados/carteira_projetos). ACESSO EM: 10/08/2015. 2015.

GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. PROXIMATE CAUSES AND UNDERLYING DRIVING FORCES OF TROPICAL DEFORESTATION. **BIOSCIENCE**, v. 52, p. 143 – 150. 2002.

GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. PROXIMATE CAUSES AND UNDERLYING DRIVING FORCES OF TROPICAL. **BIOSCIENCE**, v. 52, n.2 p. 143–150, 2002.

GODAR, J., TOBY, A. G., TIZADO, E. J., PACHECO, P. ACTOR-SPECIFIC CONTRIBUTIONS TO THE DEFORESTATION SLOWDOWN IN THE BRAZILIAN AMAZON. **PNAS**, v. 111, n. 43, p. 15591 – 15596, 2014.

GRAY, DAVID. DISTRICT HOUSE PRICE MOVEMENTS IN ENGLAND AND WALES 1997–2007: AN EXPLORATORY SPATIAL DATA ANALYSIS APPROACH. **URBAN STUDIES**, v. 49, n. 7, p. 1411-1434. 2012

GREENE, W. H. ECONOMETRIC ANALYSIS. 5.ED. UPPER SADDLE RIVER, NJ: PEARSON EDUCATION, 2003.

GUJARATI, D. N. **BASIC ECONOMETRICS**. 4 ED. NEW YORK, NY, USA: MCGRAW-HILL/IRWIN, 2003.

HAINING, R. P. SPATIAL DATA ANALYSIS: THEORY AND PRACTICE. 1.ED. CAMBRIDGE, UK: **CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS**, 2003.

HARGRAVE, J.; KIS-KATOS, K. ECONOMIC CAUSES OF DEFORESTATION IN THE BRAZILIAN AMAZON: A PANEL DATA ANALYSIS FOR THE 2000S. **ENVIRONMENTAL AND RESOURCE ECONOMICS**, v. 54, n. 4, p. 471–494, 2013.

IBGE. ACESSO EM: 14/09/2015. SITE DA INTERNET:
[HTTP://WWW.IBGE.GOV.BR/HOME/GEOCIENCIAS/GEOGRAFIA/AMAZONIALEGAL.SHTM?C=2](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/amazonialegal.shtm?c=2). 2015.

IBGE. **GEOSTATÍSTICAS DA VEGETAÇÃO E COBERTURA DA TERRA DA AMAZÔNIA LEGAL**. ACESSO EM: 01/09/2015. DISPONÍVEL EM:
[HTTP://WWW.IBGE.GOV.BR/HOME/PRESIDENCIA/NOTICIAS/IMPrensa/PPTS/0000000454.PDF](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/0000000454.pdf). 2002

IBGE/PAM. **BASE DE DADOS: PESQUISA AGRÍCOLA MUNICIPAL**. DISPONÍVEL EM:
[HTTP://WWW.SIDRA.IBGE.GOV.BR/BDA/TABELA/LISTABL.ASP?C=1612&Z=T&O=3](http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1612&z=t&o=3). 2015.

IBGE/PPM. **BASE DE DADOS: PESQUISA PECUÁRIA MUNICIPAL**. DISPONÍVEL EM:
[HTTP://WWW.SIDRA.IBGE.GOV.BR/BDA/ACERVO/ACERVO9.ASP?E=C&P=PP&Z=T&O=24](http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo9.asp?e=c&p=pp&z=t&o=24). 2015.

INPE. **PROJETO PRODES: MONITORAMENTO DA FLORESTA AMAZÔNICA BRASILEIRA POR SATÉLITE**. ACESSO EM: 05/5/2015. DISPONÍVEL EM:
[HTTP://WWW.OBT.INPE.BR/PRODES/INDEX.PHP](http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php). 2015.

INPE/PRODES. **BASE DE DADOS: PROJETO PRODES**. ACESSO EM: 01/09/2015. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.OBT.INPE.BR/PRODES/PRODES_1988_2014.HTM](http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2014.htm). 2015.

IPEA. O QUE É? AMAZÔNIA LEGAL. **DESAFIOS DO DESENVOLVIMENTO**, ANO 5, ED. 44, P. 64. 2008.

IPEADATA. **BASE DE DADOS**. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.IPEADATA.GOV.BR/](http://www.ipeadata.gov.br/). 2015.

KAIMOWITZ, D.; ANGELSEN, A. **ECONOMIC MODELS OF TROPICAL DEFORESTATION: A REVIEW**. BOGOR, INDONESIA: CENTER FOR INTERNATIONAL FORESTRY RESEARCH, 1998.

LAURANCE, W. F.; ALBERNAZ, A. K. M.; SCHROTH, G.; FEARNSTIDE, P. M.; BERGEN, S.; VENTICINQUE, E. M.; DA COSTA, C. PREDICTORS OF DEFORESTATION IN THE BRAZILIAN AMAZON. **JOURNAL OF BIOGEOGRAPHY**, v. 29, n. 5-6, p. 737–748, 2002.

LE SAGE, J. P.; PACE, R. K. THE BIGGEST MYTH IN SPATIAL ECONOMETRICS. **ECONOMETRICS**, v. 2, n. 4, p. 217–249, 2014.

LE SAGE, J.; PACE, R. K. **INTRODUCTION TO SPATIAL ECONOMETRICS**. 1.ED. CRC PRESS: STATISTICS: TEXTBOOKS AND MONOGRAPHS, 2009.

MARANDUBA JÚNIOR, N. G. **POLÍTICA REGIONAL, CRESCIMENTO ECONÔMICO E CONVERGÊNCIA DE RENDA EM MINAS GERAIS**. 139 F. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM ECONOMIA APLICADA) - FACULDADE DE ECONOMIA E ADMINISTRAÇÃO, UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA, JUIZ DE FORA, MG, 2007.

MARGULIS, S. **CAUSES OF DEFORESTATION OF THE BRAZILIAN AMAZON**. WASHINGTON, D. C.: WORLD BANK PUBLICATIONS, VOL. 22, 2004.

MAY, P. H.; MILLIKAN, B.; GEBARA, M. F. O CONTEXTO DE REDD+ NO BRASIL: DETERMINANTES, ATORES E INSTITUIÇÕES. BOGOR, INDONÉSIA: CENTER FOR INTERNATIONAL FORESTRY RESEARCH, **PUBLICAÇÃO OCASIONAL**, v. 62, 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **PLANO DE AÇÃO PARA PREVENÇÃO E CONTROLE DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL (PPCDAM): 3ª FASE (2012-2015) PELO Uso SUSTENTÁVEL E CONSERVAÇÃO DA FLORESTA**. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E GRUPO PERMANENTE DE TRABALHO INTERMINISTERIAL. BRASÍLIA: MMA, 2013. 174 P.

MORTON, D. C.; DEFRIES, R. S.; SHIMABUKURO, Y. E.; ANDERSON, L. O.; ARAI, E.; DEL BON ESPIRITO-SANTO, F.; FREITAS, R.; MORISETTE, J. CROPLAND EXPANSION CHANGES DEFORESTATION DYNAMICS IN THE SOUTHERN BRAZILIAN AMAZON. **PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES**, v. 103, n. 39, p. 14637–14641, 2006.

PFAFF, A. S. P.; SANCHEZ-AZOFEIFA, G. A. DEFORESTATION PRESSURE AND BIOLOGICAL RESERVE PLANNING: A CONCEPTUAL APPROACH AND AN ILLUSTRATIVE APPLICATION FOR COSTA RICA. **RESOURCE AND ENERGY ECONOMICS**, V. 26, N. 2, P. 237–254, 2004.

PFAFF, A.; ROBALINO, J.; WALKER, R.; ALDRICH, S.; CALDAS, M.; REIS, E.; PERZ, S.; BOHRER, C.; ARIMA, E.; LAURANCE, W.; KIRBY, K. ROAD INVESTMENTS, SPATIAL SPILLOVERS, AND DEFORESTATION IN THE BRAZILIAN AMAZON. **JOURNAL OF REGIONAL SCIENCE**, V. 47, N. 1, P. 109–123, 2007.

PIAZZA, A.; ROY, S. DEFORESTATION AND OPTIMAL MANAGEMENT. **JOURNAL OF ECONOMIC DYNAMICS AND CONTROL**, V. 53, P. 15–27, 2015.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **MICROECONOMIA**. 6.ED. SÃO PAULO, SP: PEARSON EDUCATION, 2006.

RIVERO, S.; ALMEIDA, O.; ÁVILA, S.; OLIVEIRA, W. PECUÁRIA E DESMATAMENTO: UMA ANÁLISE DAS PRINCIPAIS CAUSAS DIRETAS DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA. **NOVA ECONOMIA**, V. 19, N. 1, P. 41–66, 2009.

ROBALINO, J. A.; PFAFF, A. CONTAGIOUS DEVELOPMENT: NEIGHBOR INTERACTIONS IN DEFORESTATION. **JOURNAL OF DEVELOPMENT ECONOMICS**, V. 97, N. 2, P. 427–436, 2012.

ROSA, I. M. D.; SOUZA JR. C.; EWERS, R. M. CHANGES IN SIZE OF DEFORESTED PATCHES IN THE BRAZILIAN AMAZON. **CONSERVATION BIOLOGY**, V. 26, N. 5, P. 932–937, 2012.

ROSA, I. M. D.; PURVES, D.; SOUZA JR, C.; EWERS, R. M. PREDICTIVE MODELLING OF CONTAGIOUS DEFORESTATION IN THE BRAZILIAN AMAZON. **PLOS ONE**, V. 8, N. 10, 2013.

SEAB/PR. **BASE DE DADOS**. ACESSO EM: 15/01/2015. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.AGRICULTURA.PR.GOV.BR/MODULES/CONTEUDO/CONTEUDO.PHP?CONTEUDO=234](http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=234). 2015

STAMPE, M. Z.; PORSE, A. A.; PORTUGAL, S. A. MUDANÇA DEMOGRÁFICA E CRESCIMENTO ECONÔMICO NO BRASIL: UMA ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS. IN: XXXII ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA-ANPEC. DISPONÍVEL EM: [HTTP://ANPEC.ORG.BR/ENCONTRO/2011/INSCRICAO/ARQUIVOS/000-77616194EA17FD9E5EBE66E672B866AB.PDF](http://anpec.org.br/encontro/2011/inscricao/arquivos/000-77616194EA17FD9E5EBE66E672B866AB.PDF). 2011

VAN DER WERF, G. R.; MORTON, D. C.; DEFRIES, R. S.; OLIVIER, J. G. J.; KASIBHATLA, P. S.; JACKSON, R. B.; COLLATZ, G. J.; RANDERSON, J. T. CO₂ EMISSIONS FROM FOREST LOSS. **NATURE GEOSCIENCE**, V. 2, P. 737-738, 2009.

VERBURG, R.; RODRIGUES FILHO, S.; LINDOSO, D.; DEBORTOLI, N.; LITRE, G.; BURSZTYN, M. THE IMPACT OF COMMODITY PRICE AND CONSERVATION POLICY SCENARIOS ON DEFORESTATION AND AGRICULTURAL LAND USE IN A FRONTIER AREA WITHIN THE AMAZON. **LAND USE POLICY**, V. 37, P. 14–26, 2014.

WEINHOLD, D.; REIS, E. TRANSPORTATION COSTS AND THE SPATIAL DISTRIBUTION OF LAND USE IN THE BRAZILIAN AMAZON. **GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE**, V. 18, P. 54 – 68. 2008.

WOOLDRIDGE, J. **INTRODUCTORY ECONOMETRICS: A MODERN APPROACH**. 5 ED. CANADÁ: CENGAGE LEARNING, 2012.

APÊNDICE

TABELA 8: EFEITO DA DEFASAGEM DE PREÇOS EM UM PERÍODO ESTIMADO COM MODELO DE EFEITO FIXO E ESPECIFICAÇÃO SAR.

Regressor	Desmatamento Anual (km ²) de Agosto t-1 a Julho t
Rho (ρ)	0,149*** (0,019)
Direto	
Fundo Amazônia	-39,135*** (3,307)
Preço Boi	-0,627*** (0,069)
Preço Boi ($t - 1$)	0,145* (0,063)
Índice Preços Agrícolas	0,572*** (0,040)
Índice Preços Agrícolas ($t - 1$)	0,074* (0,035)
Cobertura de Nuvens	0.000 (0,000)
Indireto	
Fundo Amazônia	-6,765*** (1,269)
Preço Boi	-0,108*** (0,020)
Preço Boi ($t - 1$)	0,025* (0,012)
Índice Preços Agrícolas	0,098*** (0,015)
Índice Preços Agrícolas ($t - 1$)	0,013* (0,006)
Cobertura de Nuvens	0.000 (0,000)
Total	
Fundo Amazônia	-45,900*** (4,074)
Preço Boi	-0,735*** (0,079)
Preço Boi ($t - 1$)	0,170* (0,074)
Índice Preços Agrícolas	0,670*** (0,043)
Índice Preços Agrícolas ($t - 1$)	0,087* (0,041)
Cobertura de Nuvens	0.000 (0,000)
Observações	7596
Número de Municípios	633
Log-likelihood	-38,949
Tendência Temporal	Sim

* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001

TABELA 9: EFEITO DA DEFASAGEM DE PREÇOS EM UM PERÍODO ESTIMADO COM MODELO DE EFEITO FIXO E ESPECIFICAÇÃO SEM.

Regressor	Desmatamento Anual (km ²) de Agosto t-1 a Julho t
Lambda (λ)	0,142*** (0,020)
Fundo Amazônia	-39,526*** (3,267)
Preço Boi	-0,726*** (0,070)
Preço Boi ($t - 1$)	0,133 (0,072)
Índice Preços Agrícolas	0,656*** (0,041)
Índice Preços Agrícolas ($t - 1$)	0,100* (0,039)
Cobertura de Nuvens	0,000 (0,000)
Observações	7,596
Número de Municípios	633
<i>Log-likelihood</i>	-38,953
Tendência Temporal	Sim

* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001

TABELA 10: RESULTADO DO EFEITO PLACEBO ESTIMADO COM MODELO DE EFEITO FIXO E ESPECIFICAÇÃO SAR.

Regressor	Desmatamento Anual (km ²) de Agosto t-1 a Julho t	
	[1]	[2]
Rho (ρ)	0,163*** (0,019)	0,141*** (0,019)
Direto		
Fundo Amazônia ($t - 1$)	-17,955*** (3,061)	
Fundo Amazônia ($t - 2$)		55,480*** (3,056)
Preço Boi	-0,652*** (0,050)	-0,562*** (0,049)
Índice Preços Agrícolas	0,585*** (0,034)	0,511*** (0,034)
Cobertura de Nuvens	-0,000 (0,000)	0.000 (0,000)
Indireto		
Fundo Amazônia ($t - 1$)	-3,511*** (0,758)	
Fundo Amazônia ($t - 2$)		9,252*** (1,516)
Preço Boi	-0,127*** (0,016)	-0,093*** (0,014)
Índice Preços Agrícolas	0,114*** (0,013)	0,085*** (0,011)
Cobertura de Nuvens	-0,000 (0,000)	0.000 (0,000)
Total		
Fundo Amazônia ($t - 1$)	-21,466*** (3,675)	
Fundo Amazônia ($t - 2$)		64,732*** (3,790)
Preço Boi	-0,779*** (0,055)	-0,656*** (0,053)
Índice Preços Agrícolas	0,699*** (0,035)	0,596*** (0,035)
Cobertura de Nuvens	-0,000 (0,000)	0.000 (0,000)
Observações	7596	7596
Número de Municípios	633	633
<i>Log-likelihood</i>	-39,022	-38,887
Tendência Temporal	Sim	Sim

* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0001

TABELA 11: RESULTADO DO EFEITO PLACEBO ESTIMADO COM MODELO DE EFEITO FIXO E ESPECIFICAÇÃO SEM.

Regressor	Desmatamento Anual (km ²) de Agosto t-1 a Julho t	
	[1]	[2]
Lambda (λ)	0,154*** (0,019)	0,124*** (0,020)
Fundo Amazônia ($t - 1$)	-17,323*** (3,216)	
Fundo Amazônia ($t - 2$)		55,185*** (3,199)
Preço Boi	-0,766*** (0,050)	-0,665*** (0,048)
Índice Preços Agrícolas	0,684*** (0,035)	0,600*** (0,034)
Cobertura de Nuvens	-0,000 (0,000)	0.000 (0,000)
Observações	7,596	7,596
Número de Municípios	633	633
<i>Log-likelihood</i>	-39,027	-38,896
Tendência Temporal	Sim	Sim

* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0001